This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

B 426841 DUPL

ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
.S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

NOTA. La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses membres dans les discussions, ni responsable des Mémoires ou Notes publiés dans le Bulletin.

Paris — Imprimerie GUIRAUDET et JOUAUST,
338, rue Saint-Honoré.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

FONDÉE LE 4 MARS 1848

ANNÉE 1857

Paris

RUE BUFFAULT, 26

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Janvier, Février et Mars 1857)

N° 36

Pendant ce trimestre on a traité les questions suivantes :

1° Installation des nouveaux membres du Bureau et du Comité (Voir le résumé des séances, p. 1re);

2° Note biographique sur MM. Lorentz, Crosnier et Schrœder (Voir le résumé des séances, p. 1re);

3° Discours de M. Callon (Voir le résumé des séances, p. 5);

4° Note sur un procédé ayant pour objet de désinfecter les eaux d'égout et en extraire les principes fertilisants, en les amenant à l'état de briquettes (Voir le résumé des séances, p. 9);

5° Inondations souterraines dans les quartiers nord de Paris (Voir le résumé des séances, p. 16);

6° Analyse du rapport annuel fait à la Société des Ingénieurs civils de Londres (Voir le résumé des séances, p. 25);

63340

7° Nouvelle machine locomotive-tender à marchandises pour fonctionner sur des chemins de fer à fortes rampes et à petits rayons (Voir le résumé des séances, p. 31) ;

8° Frein automoteur de M. Guérin (Voir le résumé des séances, p. 41) ;

9° Nouveaux gisements de phosphate de chaux fossile (Voir le résumé des séances, p. 41) ;

10° Nouveaux procédés métallurgiques (Voir le résumé des séances, p. 43) ;

11° Notions sur l'emploi du gaz d'éclairage (Voir le résumé des séances, p. 57) ;

12° Soupapes en caoutchouc (Voir le résumé des séances, p. 59) ;

13° Note sur les chaudières qui ont fonctionné à l'Exposition universelle de 1855 (Voir le résumé des séances, p. 60) ;

14° Emploi des bétons moulés (Voir le résumé des séances, p. 70 à 78 et 86) ;

15° Matériaux de construction à l'Exposition universelle de 1855 (Voir le résumé des séances, p. 81) ;

16° Appareil dit *Saturateur*, propre à carburer le gaz d'éclairage (Voir le résumé des séances, p. 82) ;

17° Chemins de fer en pays de montagnes (Voir le résumé des séances, p. 86) ;

18° Progrès de la filature et du tissage du coton dans les départements du Haut-Rhin, des Vosges, du Bas-Rhin, de la Haute-Saône, du Doubs et de la Meurthe (Voir le résumé des séances, p. 90) ;

19° Chemins de fer belges (Voir le résumé des séances, p. 92) ;

20° Chemin de fer du Semmering (Voir le résumé des séances, p. 92) ;

21° Appareils de sondages (Voir le résumé des séances, p. 99) ;

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De la Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers, la collection complète de son *Annuaire* de 1848 à 1856 ;

2° De la Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne, un exemplaire de son Bulletin de juillet, août et septembre 1856 ;

3° De M. Boutigny (d'Evreux), membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage : *Etude sur les corps à l'état sphéroïdal ;*

4° De la Société industrielle de Mulhouse, ses Bulletins nos 136 et 137 ;

5° De M. de Lesseps (Ferdinand), un exemplaire du Rapport et projet de la Commission internationale sur le percement de l'isthme de Suez, avec atlas ;

6° De M. Pinet fils, d'Abilly, un exemplaire d'un rapport des experts sur son manége ;

7° De la Société d'encouragement, les Bulletins de novembre et décembre 1856, et de janvier 1857 ;

8° De M. Colladon, un exemplaire de son Rapport sur les expériences faites en 1856 sur la machine du système Pascal ;

9° De la *Revue d'architecture*, un exemplaire de sa dernière livraison ;

10° De MM. Piquet et Barrault, membres de la Société, un Mémoire sur l'étude de quelques procédés métallurgiques ;

11° De la Société des ingénieurs civils de Londres, les résumés des séances de décembre 1856 et de janvier et février 1857 ;

12° De M. Lefrançois, membre de la Société, une Note sur la manière de déterminer la longueur de la courbe de l'ellipse.

13° Du journal *The Engineer*, les numéros des 2, 9, 16, 23 et 30 janvier ; des 6, 13, 20 et 27 février ; des 6, 13, 20 et 28 mars 1857 ;

14° De M. Boutigny, d'Evreux, membre de la Société, des exemplaires des planches représentant son *Générateur de vapeur à diaphragmes;*

15° De MM. Perdonnet et Polonceau, membres de la Société, les deux premières livraisons du *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer;*

16° De M. Mesmer, membre de la Société, un spécimen de *moulures* et d'*assemblages faits par les machines à bois* exposées en 1855 par l'usine de Graffenstaden;

17° De M. Meller jeune, une Notice sur le chauffage des wagons et un projet de frein hydraulique;

18° De la Société des ingénieurs autrichiens, les numéros de juillet, août, septembre et octobre 1856 de leur journal;

19° De M. Oppermann, les numéros de décembre 1856 et de janvier, février et mars 1857 des *Nouvelles Annales de la construction;*

20° De M. Forquenot, membre de la Société, des exemplaires du Rapport sur le frein automoteur de M. Guérin;

21° De la Société d'agriculture de l'Aube, le numéro de son dernier Bulletin;

22° De M. Oppermann, les numéros de janvier, février et mars 1857 du *Portefeuille économique des machines, de l'outillage et du matériel;*

23° De la Société impériale et centrale d'agriculture, le numéro de son dernier Bulletin;

24° De M. Marès, membre de la Société, un exemplaire de son *Mémoire sur la maladie de la vigne;*

25° De M. Goschler, membre de la Société, un Mémoire sur les chemins de fer suisses;

26° De M. Curtel, membre de la Société, un Mémoire sur la fabrication des rails ;

27° De M. Jeanneney, membre de la Société, un travail sur l'éclairage au gaz.

28° Des *Annales des mines*, la 4e livraison de 1856 ;

29° Des *Annales des ponts et chaussées*, ses numéros de novembre et décembre 1856 ;

30° De M. Loustau, membre de la Société, un exemplaire des rapports sur la durée des bandages de roues en acier fondu (de la maison Friedrich Krupp), comparée à celle des bandages en fer ;

31° De M. Mercier de Buessard, membre de la Société, un Rapport sur la fabrication de la fonte à l'anthracite dans le pays de Galles ;

32° De M. Henri Péligot, membre de la Société, une Note sur un appareil saturateur propre à carburer le gaz d'éclairage ;

33° De M. Noblet, éditeur, cinq livraisons du *Portefeuille belge de John Cockerill ;*

34° De M. Ebray, membre de la Société, une Note sur les aliments et engrais fossiles, et une autre Note sur la coupe géologique du mont Alpiu, près Nevers ;

47° De M. Maldant, membre de la Société, un Mémoire sur un nouveau système de distribution de vapeur ;

48° De M. Cornet, membre de la Société, une Note sur les chemins de fer belges et sur la voie prussienne comprise entre Verviers et Cologne.

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois de janvier :

MM. Armengaud jeune, présenté par MM. Alcan, Bois et Salvetat.
Boivin, présenté par MM. Melin, Huet et Geyler.
Delanney, présenté par MM. Faure, Chabrier et Lecorbeiller.

MM. Paillette, présenté par MM. Barrault, Houel et Valério.
Regad, présenté par MM. Boudsot, Renaud et Martin.
Schlumberger, présenté par MM. Polonceau, Alcan et Steger.
Brozeler, présenté par MM. Nozo, Germon et Mesmer.
Debié, présenté par MM. Callon, Faure et Girard.
Diard, présenté par MM. Callon, Faure et Girard.
Colladon, présenté par MM. Callon, Faure et Loustau.
Heurtebise, présenté par MM. Callon, Faure et Flachat.
Houlbrat, présenté par MM. Flachat, Love et Chabrier.
Lambert, présenté par MM. Callon, Faure et Cornet.
Roy (Edmond), présenté par MM. Flachat, Love et Guérin de Litteau.
Sarazin, présenté par MM. Vuigner, Nancy et Cornet.
Tardieu, présenté par MM. Callon, Faure et Chabrier.

Comme membres honoraires :

M. le général Poncelet, de l'Institut, présenté par MM. Polonceau, Faure, Petiet, Flachat, Degousée, Yvon Villarceau et Vuigner.

Au mois de février :

MM. Angel, présenté par MM. Callon, Faure et Salvetat.
Berthot, présenté par MM. Callon, Faure et Mathieu.
Cordier, présenté par MM. Callon, Girard et Lasseron.
Delebecque, présenté par MM. Petiet, Loustau et Nozo.
De Fontenay, présenté par MM. Alcan, Thomas et Laurent
Gottschalk, présenté par MM. Flachat, Love et Chabrier.
Gilles, présenté par MM. Nancy, Lainé et Caillé.
Mazilier, présenté par MM. Vuigner, Nancy et Cornet.
Vandel, présenté par MM. Callon, Faure et Nancy.
Voruz, présenté par MM. Forquenot, Polonceau et Michelant.

Au mois de mars :

MM. ALBAREY, présenté par MM. Callon, Gaudry et Girard.
BOURDON, présenté par MM. Callon, Faure et Gaudry.
CAHEN, présenté par MM. Petiet, Loustau et Chobrzynski.
COQUEREL, présenté par MM. Callon, Faure et Perdonnet.
EIFFEL, présenté par MM. Faure, Broccki et Nepveu.
GAUDET, présenté par MM. Houel, Nozo et La Salle.
FREDET, présenté par MM. Faure, Nancy et Ser.
FUCHET, présenté par MM. Ser, Péligot et Thirion.
LEGAVRIAN, présenté par MM. Faure, Ser et Péligot.
MICHELET, présenté par MM. Barrault, Love et Salvetat.
PETIN, présenté par MM. Houel, Nozo et La Salle.
PIQUÉ, présenté par MM. Faure, Jousselin et Mitchell.
VAUTHIER, présenté par MM. Degousée, Bergeron et Barrault.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES (ANNÉE 1857).

Membres du bureau.

Président :

CALLON (C.) ✻, rue Royale-Saint-Antoine, 16.

Vice-Présidents :

MM. PETIET (J.) O ✻✻✻✻, rue Lafayette, 34.
FAURE (Auguste), boulevard Saint-Martin, 55.
FLACHAT (Eugène) ✻✻, rue de Londres, 51.
FORQUENOT, boulevard de l'Hôpital, 7.

Secrétaires :

MM. NANCY, rue du Nord, 24.
FÈVRE (L.), rue et cité Turgot, 5 et 7.
SER, cité Trévise, 26.
GAUDRY (Jules), rue des Pyramides, 6.

Trésorier :

M. LOUSTAU (G.), rue de Saint-Quentin, 23.

Membres du Comité.

MM. CHOBRZYNSKI ✻, rue du Nord, 11.
DEGOUSÉE, rue de Chabrol, 35.
NOZO (Alfred) ✻, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
ALCAN (M.) ✻, rue d'Aumale, 23.
VUIGNER (Emile) O ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.
THOMAS (Léonce) ✻, rue des Beaux-Arts, 2.
HOUEL ✻, quai de Billy, 48.
POLONCEAU (C.) O ✻, quai Malaquais, 9.
SALVETAT ✻, à Sèvres (Manufacture impériale).
YVON VILLARCEAU, à l'Observatoire.

BARRAULT (Alexis) ✻, rue de Clichy, 63.
LOVE, rue de Berlin, 30.
GRENIER ✻, au chemin de fer de Strasbourg.
PÉPIN-LEHALLEUR ✻✻, au château de Coutançon, par Montigny-Liancourt (Seine-et-Marne).
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 15.
BREGUET ✻, place de la Bourse, 4.
TRÉLAT (Emile) ✻, rue de la Tour-d'Auvergne, 37.
MOLINOS (Léon), rue Chaptal, 22.
MONY (S.) ✻, boulevard des Italiens, 26.
BERGERON, rue de Lille, 79.

Président honoraire :

M. A. PERDONNET O ✻, au chemin de fer de Strasbourg.

Membres honoraires.

MM. HODGKINSON, Eaton, 44, Drayton grave, Brompton (Angleterre).
MORIN (le général) O ✻, rue Neuve-des-Mathurins, 38.
PONCELET (le général) O ✻, rue de Vaugirard, 58.

Sociétaires.

MM. ABOILARD, avenue Dauphine, 14, à Passy.
AGUDIO, à Turin (Piémont).
ALBARET, faubourg Saint-Denis, 222.
ALBY, à Turin (Piémont).
ALCAN ✻, rue d'Aumale, 21.
ALLÉON, rue d'Amsterdam, 52.
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 15.
ANGEL, rue de l'Herberie, 2, à Lyon.
ANDRAUD, rue Mogador, 4.
ANDRY, à Boussu, près Mons (Belgique).
ARMENGAUD aîné, rue Saint-Sébastien, 45.

Armengaud jeune, boulevard de Strasbourg, 23.
Arson, rue de Bourgogne, 40.
Barberot ✻✻, rue de la Santé, 75, à Batignolles.
Bardon, rue Saint-Dominique-Saint-Germain, 194.
Baret, rue des Petites-Ecuries, 9.
Barrault (Alexis) ✻, rue de Clichy, 63.
Barrault (Emile), boulevard Saint-Martin, 33.
Barroux, à Troyes.
Barveaux, rue Fontaine-au-Roi, 56.
Baumal, rue du Faubourg-Montmartre, 30.
Beaucerf, à Chambéry (Savoie).
Beaussobre, à Nancy.
Bellier, au chemin de fer du Midi, à Bordeaux.
Benoist du Portail, chaussée Clignancourt, 51, à Montmartre.
Benoist d'Azy (Paul), à Fourchambault (Nièvre).
Bergeron, rue de Lille, 79.
Bertholomey, rue Cadet, 34.
Berthot, rue des Bons-Enfants, 19.
Berton, rue Saint-Antoine, 27, à Versailles.
Bertot, rue de Ponthieu, 13.
Beugnot, maison Kœchlin, à Mulhouse.
Bévan de Massi, à Madrid (Espagne).
Binder (Jules), rue d'Anjou-Saint-Honoré, 72.
Bippert, au chemin de fer de Lyon à la Méditerranée, à Arles (Bouches-du-Rhône).
Biver ✻, à Saint-Gobain, par Coucy-le-Château (Aisne).
Blacher, rue Bonneterie, 30, à Avignon.
Blanche, à Puteaux (Seine).
Blard, aux ateliers du chemin de fer d'Orléans, à Ivry.
Blonay (De), chez M. Dietrich, maître de forges, à Niederbronn (Bas-Rhin).
Blot (Léon), rue d'Amsterdam, 45.

Blutel, à Nancy.
Bois (Victor), place du Havre, 14.
Boivin, , rue de Flandre, 139, à la Villette.
Bonnet (Félix), rue de Sèvres, 8.
Bonnet (Victor), hôtel de la Minerve, à Rome.
Bordet, à Remilly, par Sombermon (Côte-d'Or).
Borgella, rue Mazagran, 14.
Bossu, à Dieuze (Meurthe).
Boudard aîné, à Dangu, près et par Gisors (Eure).
Boudard jeune, à Pont-Rémy (Somme).
Boudsot, à Besançon (Doubs).
Bougère, à Angers (Maine-et-Loire).
Bourcard, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon ✻, route de Toulon, 158, à Marseille.
Bourdon (Eugène) ✻, faubourg du Temple, 74.
Bourgougnon, cité Gaillard, 5.
Bournique, quai Jemmapes, 288.
Bousson, chemin de fer Grand-Central, à Lyon.
Boutigny d'Evreux, ✻, ingénieur-chimiste, rue de Flandre, 52, à La Villette.
Boutin, rue de Javel, 64, à Grenelle.
Boutmy, rue Blanche, 36.
Boyer, à Foulain, près Chaumont.
Branville (De), rue Notre-Dame-des-Champs, 82.
Breguet, ✻, place de la Bourse, 4.
Bricogne ✻, rue des Petites-Ecuries, 58.
Bridel, rue Mazagran, 8.
Brocckı (Charles), rue de la Bienfaisance, 36.
Brozler, rue du Petit-Carreau, 24.
Buddicom, à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).
Bureau, rue des Petits-Hôtels, 20.
Burt, rue Caumartin, 54.
Buschoff, rue des Marais-Saint-Martin, 20.

Caillé, rue Saint-Lazare, 82.
Caren, rue d'Abbeville, 3.
Caillet, à Lyon.
Caillot-Pinart, rue du faubourg-Saint-Martin, 140.
Calla ✻, rue Lafayette, 11.
Callon ✻, rue Royale Saint-Antoine, 18.
Cambier, ingénieur au chemin de fer de Mezidon au Mans, à Argentan (Orne).
Capdevielle, faubourg Saint-Martin, 11.
Capuccio, à Turin.
Castel (Emile), rue de la Charronnerie, 1, à Saint-Denis.
Cavé ✻ (François), rue du Faubourg-Saint-Denis, 222.
Cavé (Amable), avenue Montaigne, 51.
Cernuschi, à Huelva.
Chabrier, rue Saint-Lazare, 99.
Championnière, rue Olivier, 4.
Chapron, ingénieur au chemin de fer du Nord.
Charaudeau, rue Mazagran, 18.
Chabronnier, rue d'Alger, 13, à la Chapelle.
Charpentier, rue des Lions-Saint-Paul, 5.
Chauvel, à Navarre, par Évreux (Eure).
Chavès, inspecteur du service des eaux au chemin de fer du Nord, rue de Paradis-Poissonnière, 12.
Chevandier, rue de la Victoire, 22, hôtel de la Victoire.
Chobrzynski ✻, rue du Nord, 11.
Chollet, à Belfort (Haut-Rhin).
Chuwab, rue Cadet, 6.
Clémandot ✻, à la verrerie de Clichy-la-Garenne.
Clément Desormes, rue Bourbon, à Lyon.
Coignet, quai Jemmapes, 228.
Colladon, à Genève (Suisse).
Coquerel, rue Moncey, 16.
Cordier, rue Caumartin, 26.

Cornet, rue du Temple, 207.
Cosyns, directeur des forges de Saarbruk (Prusse).
Courras, à Langon (Bordeaux).
Courtépée, rue des Francs-Bourgeois, 5.
Courtines (Jacques)✻, à Bar-sur-Aube.
Crespin, rue d'Enghien, 28.
Crétin ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 182.
Curtel, à Montluçon.
Daguin (Ernest), rue Geoffroy-Marie, 5.
Dallot, place Vendôme, 15, au Chemin de fer Espagnol.
Danré ✻✻, Oriental Gas. Company, 127, Leaden-Hall street, London, et à Calcutta.
Darblay, à Corbeil (Seine-et-Oise).
Debauge ✻, ingénieur en chef à Périgueux (Dordogne).
Debié, rue Roquépine, 4.
Debonnefoy, rue Meslay, 25.
Decaux, boulevard Saint-Jacques, 84.
Decomberousse, rue des Martyrs, 47.
Dedion, rue Godot-Mauroy, 14.
Deffosse, au chemin de fer de Lyon à Genève, à Genève.
Degousée, rue Chabrol, 35.
Degousée (Edmond), rue Chabrol, 35.
Dejoly (Théodore), rue Martignac, 1.
Delanney, agent-voyer en chef au Mans.
Delattre, rue Vendôme, 15.
Delaville-Leroux, directeur des forges d'Imphy (Nièvre).
Delebecque, rue de l'Arcade, 15.
Deligny, à Huelva (Andalousie).
Delom, au chemin de fer de Strasbourg, à Vendeuvre (Aube).
Delpèche, rue Rambouillet, 2.
Deniel ✻, ingénieur au chemin de fer de Montereau à Troyes, à Troyes.
Denise, à Saint-Pétersbourg.

Desforges, au chemin de Mulhouse, à Mulhouse.
Desnos, rue Chapelais, 10, aux Batignolles.
Devaureix, rue de Jessaint, 8, à La Chapelle-Saint-Denis.
Devers, chaussée Clignancourt, 74, à Montmartre.
D'Hamelincourt, rue Neuve-Coquenard, 11 *bis*.
Diard, rue Saint-Gilles, 11.
Dombrowski, à Bar-le-Duc.
Donnay, chef du bureau des études au chemin de fer du Nord, passage Sandrié.
Dubied, à Mulhouse.
Dubois, rue Saint-Victor, 33.
Dugourd, rue Armeny, 8, à Marseille.
Dulong, rue du Regard, 5.
Duméry, boulevart de Strasbourg, 26.
Du Pan (Louis), à La Fère (Aisne).
Durenne, rue des Amandiers-Popincourt, 11.
Durocher, rue de la Verrerie, 83.
Duval (Edmond), aux forges de Paimpont, près Plélan (Ille-et-Vilaine).
Ébray, à Sancerre (Cher).
Edwards ✻, rue Saint-Honoré, 243.
Eiffel, rue Laval, 19.
Ermel, rue Saint-Lazare, 142.
Estoublon, maître de forges, à Bourges.
Etienne, avenue de Clichy, 18.
Évrard, rue Saint-Samson, 28, à Douai.
Farcot (J.-J.-Léon), au port Saint-Ouen (Banlieue).
Faugonnier, avenue Parmentier, 15.
Faure (Auguste), boulevard Saint-Martin, 55.
Faure, rue Saint-Louis, 34, à Batignolles.
Fellot, cité Gaillard, 8.
Fèvre, rue et cité Turgot, 5 et 7.
Férot, rue d'Amsterdam, 15.

Fiévet, à Vierzon.
Flachat (Eugène) ✻✻, rue de Londres, 51.
Flachat (Adolphe), rue Caumartin, 70.
Flachat (Jules), à Saint-Pétersbourg.
Flachat (Yvan), rue Lavoisier, 1.
Fontenay (De), rue de la Chaussée-d'Antin, 49 bis.
Fontenay (Toni), ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Rambert à Grenoble, à Grenoble.
Fontenay, à Baccarat (Meurthe).
Forey, à Commentry (Allier).
Forquenot, boulevard de l'Hôpital, 7.
Fournier, rue Louis-le-Grand, 3.
Fournier (A.), à Orléans (Loiret).
Fredet, à la papeterie, à Essonne.
Fresnaye, à Marenlo, par Montreuil-s.-Mer (Pas-de-Calais).
Frichot, à Pont-Rémy (Somme).
Fromantin, rue des Filles-du-Calvaire, 4.
Fromont, ingénieur au chemin de fer de l'est, à Bar-sur-Aube.
Froyer, à Rome.
Fuchet, à Haisne (Nord).
Gajewski, 47, Cambridge street Glascow.
Ganneron, rue de Chabrol, 14.
Garnier, rue Taitbout, 16.
Gaudet, à Rive-de-Gier (Loire).
Gaudry (Jules), rue des Pyramides, 6.
Gayrard (Gustave), rue du Dragon, 21.
Gentilhomme, quai de la Tournelle, 45.
Geoffroy, rue Turgot, 9.
Gerder, rue de la Chaussée-d'Antin, 49 bis.
Germain, à l'usine à zinc, à Clichy.
Gemron, rue du Château-Rouge, 4, à Montmartre.
Geyler, rue Bleue, 35.
Gilles, route d'Orléans, 84, à Montrouge.

GIRARD, rue d'Enghien, 44.
GOSCHLER, ingénieur principal à Strasbourg.
GOTTSCHALK, à Saint-Pétersbourg.
GOSSET (Jules), rue d'Amsterdam, 3.
GOUIN (Ernest) ✻, rue de la Chaussée-d'Antin, 19 bis.
GOUVY (Alexandre), aux forges de Hombourg, près Saint-Avold (Moselle).
GRENIER (Achille), ✻, ingénieur principal au chemin de fer de Strasbourg à Paris.
GROSSET, au chemin de fer de Tours, à Tours.
GUÉRARD, au chemin de fer du Nord, à Amiens.
GUÉRIN (de Litteau), rue Louis-le-Grand, 29.
GUÉRIN, à Draguignan.
GUETTIER, aux fonderies de Marquise (Pas-de-Calais).
GUIBAL (Théophile), à l'École des mines, à Mons (Belgique).
GUIBAL (Jules), rue Pargaminières, 71, à Toulouse.
GUILLAUME (Charles), au chemin de fer du Midi, à Moissac (Tarn-et-Garonne).
GUILLAUME, rue de Lancry, 55.
GUILLEMIN, à La Perraudette, près Lausanne (Suisse).
GUILLEMIN, usine de Cosamène, à Besançon.
GUILLON, à Saint-Quentin.
GUILLOT, aux ateliers du chemin de l'Ouest, aux Batignolles.
GUIRAUDET ✻, rue Saint-Honoré, 338.
HAMOIR, à Maubeuge (Nord).
HAUSSOULIER, rue Notre-Dame, 1, à Batignolles.
HERMARY, à Lambres, par Aire-sur-la-Lys (Pas-de-Calais).
HERVEY (Picard), rue Antoinette, 24, à Montmartre.
HERVIER, rue du Château-d'Eau, 72.
HEURTEBISE, rue Saint-Louis, 76, aux Batignolles.
HOLCROFT, à Tours (Indre-et-Loire).
HOUEL ✻, quai de Billy, 48.
HOULBRAT, rue de la Rochefoucauld, 46.

Hovine, rue de Lyon, 4.
Hubert, rue Blanche, 69.
Huet, rue Bleue, 35.
Humblot, rue des Clercs, à Metz.
Jacquesson (Ernest), rue Basse-du-Rempart, 2.
Jacquin, rue de l'Eglise, 20, à Batignolles.
Jametel, rue Blanche, 83.
Jeanneney, à Mulhouse.
Jouannin, faubourg Saint-Denis, 34.
Jousselin, rue des Francs-Bourgeois, 18.
Jullien, à l'usine de Sainte-Lorette, à Rive-de-Gier.
Karcher, à Sarrebruck.
Knab, rue de Seine, 72.
Kréglinger, à Malines (Belgique).
Laborie (De), quai de Béthune, 18.
Labouverie, rue Spintay, 59, à Verviers (Belgique).
Lainé, rue de l'Ecluse, 24, aux Batignolles.
Laligant, à Maresquel, par Champagne-lès-Hesdin (Pas-de-Calais).
Lambert, à Vuillafons, par Ornans (Doubs).
Lalo, rue Saint-André-des-Arts, 45.
Langlois (Charles), rue Joubert, 10.
Larpent, rue d'Amsterdam, 15.
La Salle, rue Saint-Georges, 58.
Lasseron, rue de la Chaussée-d'Antin, 41.
Larochette (De), à Bastia (Corse).
Laurens ✻, rue des Beaux-Arts, 2.
Laurent (Victor), à Plancher-les-Mines, près et par Champagney (Haute-Saône).
Laurent (Charles), rue de Chabrol, 35.
Lavalley ✻, rue de Tivoli, 3.
Lebon (Eugène), rue Richelieu, 110.
Le Brun ✻, rue de Chabrol, 49.

Lecler (Achille), rue Saint-Lazare, 66.
Lecœuvre, rue des Amandiers-Popincourt, 46.
Leconte ✻, rue de Bercy, 4, à Paris.
Lecorbellier, rue d'Amsterdam, 15.
Lefèvre, passage du Havre, 43.
Lefrançois, rue Rocroy, 23.
Legavriand, à Lille (Nord).
Lemaire-Teste, rue de Lyon, 41.
Lemoinne ✻, rue d'Amsterdam, 21.
Lepèlerin, rue Mazagran, 9.
Lepeudry, rue Montholon, 28.
Le Roy, boulevart Mazas, 15.
Levat, à Montpellier.
Limet, rue du Faubourg-Poissonnière, 32.
Loisel, à Melun (Seine-et-Marne).
Lopez Bustamante, à Santander (Espagne).
Loustau (Gustave), rue de Saint-Quentin, 23.
Love, rue de Berlin, 30.
Loyd, chez M. Gouin, à Batignolles.
Machecourt, à Montricq, par Commentry (Allier).
Maire, rue Blanche, 40.
Maldant, rue Lormont, 7, à Bordeaux.
Malo, à Bordeaux.
Manby (Charles), à Londres.
Mangeon, à Melun (Seine-et-Marne).
Maréchal, à Strasbourg.
Marès (Henri), rue Sainte-Foy, à Montpellier.
Marié, rue de Bercy, 4.
Mariotte, rue des Récollets, 1, à Nantes.
Marsillon, chef d'arrondissement à Belfort.
Marsillon (Léon), rue Grange-Batelière, 11.
Martenot, à Ancy-le-Franc (Yonne).
Martin (J.-B.), rue Bonaparte, 20.

MARTIN, rue d'Amsterdam, 51.
MARTIN (Léon), à Commentry (Allier).
MARTIN ✻, place Lafayette, 22.
MASSELIN, à la verrerie de M. Chance, à Birmingham.
MASTAING (De), rue Saint-Louis, 79.
MATHIAS (Félix) ✻✻✻, rue de Saint-Quentin, 23.
MATHIAS (Ferdinand) ✻, à Lille.
MATHIEU (Henri), à Bordeaux.
MATHIEU (Ferdinand), au Creuzot.
MAYER, rue Pigale, 26.
MAZELINE, constructeur, au Havre.
MAZILIER, rue Mazagran, 4.
MÉGRET, faubourg Saint-Denis, 92.
MÉLIN, rue Neuve-Coquenard, 11.
MÉRAUX, rue de Metz, 14.
MERCIER, rue Saint-Louis-en-Ile, 5.
MERCIER DE BUESSARD, Pavé des Chartrons, 21, à Bordeaux.
MESDACH, rue Saint-Paul, 28.
MESMER ✻, rue du Petit-Carreau, 24.
MEYER, rue de Clichy, 88.
MICHEL, à Troyes (Aube).
MICHELANT, au chemin d'Orléans (au dépôt, à Ivry).
MICHELET, chaussée d'Antin, 27.
MIGNON, rue de Ménilmontant, 151.
MINARY, usine de Casamène, à Besançon.
MIRANDA (De), à Madrid (Espagne).
MIRECKI, à Amiens.
MITCHELL, boulevart de la Râpée, 4, à Bercy.
MOLÉON, à Castres (Tarn).
MOLINOS, rue Chaptal, 22.
MONTCARVILLE, au chemin de fer de Tours, à Tours.
MONTEJO, rue Saint-Lazare, 8.

Mony (Stéphane) ✻, boulevard des Italiens, 26.
Morard, à Lafère (Aisne).
Moreau (Albert), rue Neuve-de-l'Université, 9.
Morice, à Hazebrouck.
Mouillard, rue de Londres, 31.
Muller (Adrien), rue d'Amsterdam, 18.
Muller (Emile), à Mulhouse.
Nancy, à Bar-sur-Aube.
Nepveu, rue de la Bienfaisance, 36.
Nillis (Auguste), au bureau du chemin de fer, à Saint-Dizier.
Nodler, rue Hauteville, 32.
Nozo ✻, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
Oriolle, rue Crébillon, 2, à Nantes.
Oudot, rue des Saints-Pères, 5.
Ottavi, rue de Seine, 21.
Paillette ✻, rue Pigale, 26.
Palotte fils, rue du Conservatoire, 11.
Paquin, au chemin de fer, à Mulhouse.
Pecquet, rue de la Perle, 7.
Peligot (Henri), cité Trévise, 26.
Pépin-Lehalleur ✻✻, au château de Coutançon, par Montigny-Liancourt (Seine-et-Marne).
Perdonnet (Auguste) O ✻, administrateur au chemin de fer de Strasbourg.
Péreire (Eugène), O ✻✻, rue d'Amsterdam, 5.
Pérignon, faubourg Saint-Honoré, 105.
Perrot ✻, rue de Sèvres, 76, à Vaugirard.
Petiet (Jules) O.✻✻✻✻, rue Lafayette, 34.
Petin, à Rive-de-Gier (Loire).
Petit de Coupray ✻✻, rue Lafayette, 50.
Petitgand, rue Bleue, 5.
Petitjean, rue de Parme, 10.
Pétre, rue de la Victoire, 31.

PICARD, à Bar-sur-Aube (Aube).
PINAT, aux forges d'Allévard.
PIQUÉ, boulevard Beaumarchais, 30.
PIQUET, ingénieur en chef des mines de la compagnie générale du Crédit mobilier, à Madrid (Espagne).
PLANHOL (De), à Bayeux (Calvados).
POINSOT, au Conservatoire des Arts et Métiers.
POLONCEAU O ✻, quai Malaquais, 9.
PONCET, au Cours-la-Reine, 28.
POT, Grande-Rue Marengo, 20, à Marseille.
POTHIER (Alfred-Franç.), rue des Coutures-St-Gervais, 1.
POTTIER (Ferdinand), passage des Eaux, 4, à Passy.
POUELL, chef de section au chemin de fer du Nord, à Amiens.
POUPÉ, à Amiens.
PRIESTLEY, rue Saint-Gilles, 17.
PRINCET, rue de Bondy, 92.
PRISSE ✻, au chemin de fer d'Anvers à Gand.
PROAL, quai de Béthune, 22.
PRONNIER, rue Chaptal, 22.
PURY (De), à Neuchâtel (Suisse).
QUÉTIL (Julien), rue Jean-Goujon, 10.
RAABE (Émile), chez M. Jackson, à Saint-Etienne.
RANCÉS, rue de Berry, 39, à Bordeaux.
REDON, allée des Bénédictins, à Limoges.
REGAD (Léon), rue de la Préfecture, à Besançon (Doubs).
RÉGEL (De) ✻, à Strasbourg.
REGNAULT, rue de Stockolm, 4.
RENARD, à Fécamp (Seine-Inférieure).
RENAUD, rue du Chateur, 2, à Besançon.
REYNAUD, à Cette (Hérault).
REYNIER, rue Rossini, 2.
REYTIER, via dell' Impressa, 11, à Rome.

Rhoné ✱, rue Saint-Lazare, 126.
Richard, à Saint-Lô (Manche).
Richomme, rue de Dunkerque, 15.
Richoux, quai Saint-Michel, 19.
Romme, à Saint-Quentin.
Roussel (Simon), rue Saint-Louis, 67.
Roy, à Luxembourg.
Roze, rue des Filles-du-Calvaire, 23.
Ruolz O ✱✱, rue du Regard, 5.
Saint-James, à Ancône.
Salleron, à Sens (Yonne).
Salvetat ✱, à la Manufacture impériale de Sèvres.
Sarrazin, rue Saint-Louis, 16.
Saulnier, rue Saint-Sulpice, 24.
Sautter, avenue Montaigne, 37.
Scellier, aux usines Sommelet-Dantan et C^e^, à Courcelles, près Nogent-le-Roi (Haute-Marne).
Schivre, à Epernay.
Schlincker, à Creutzwald (Moselle).
Schlumberger, au château de Guebviller.
Schmerber, à Mulhouse.
Séguin (Paul), rue Louis-le-Grand, 3.
Ser, cité Trévise, 26.
Servel, rue Lavoisier, 5
Siéber, à Audincourt.
Souchay, à Rome.
Stéger, aux ateliers du chemin de fer d'Orléans, à Ivry.
Stiéler, à Bordeaux.
Tardieu, ingénieur, rue des Ursulines, à Valenciennes.
Tardieu (Georges), rue de Tournon, 6.
Tétard, rue des Petites-Ecuries, 9.
Thauvin, rue Saint-Denis, 328.
Thétard, usines de Dammarie, près Ligny (Meuse).

Thévenet, à Turin (Piémont).
Thirion, rue Saint-Louis, 79.
Thomas (Léonce) ✻, rue des Beaux-Arts, 2.
Thomas (Frédéric), à Cramaux (Tarn).
Thomé de Gamond, rue du Havre, 4.
Thouin ✻, rue de Valenciennes, 1.
Thouvenot, à Bex, canton de Vaud (Suisse).
Tourneux (Félix), rue de Penthièvre, 15.
Tresca ✻, ingénieur sous-directeur, au Conservatoire.
Trélat ✻, rue de la Tour-d'Auvergne, 37.
Tronquoy (Camille), rue Mazagran, 20.
Vaillant, rue d'Enghien, 49.
Valentin, à Huelva (Andalousie).
Valério, rue de Larochefoucauld, 53.
Vandel, aux forges de La Ferrière-sous-Jougne (Doubs).
Vauthier, faubourg Montmartre, 56.
Vallier, rue Royale, 75, à Versailles.
Vigneaux, rue de Louvois, 3.
Vinchon, rue de Hanovre, 5.
Viron, au chemin de fer, à Angoulême.
Vollant, à Blois.
Voruz aîné, à Nantes.
Vuigner (Émile) O ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.
Vuillemin ✻, à Epernay.
Wahl, rue de Bercy, 4, à Paris.
Weil (Frédéric), rue des Petites-Ecuries, 13.
William (Huber), rue Miroménil, 2.
Willien (Léon), rue du Fg-de-Saverne, 53, à Strasbourg.
Windisch, cité de l'Etoile, 20, aux Thernes.
Wissocq (Alfred), à Amiens.
Wolski, ingénieur des mines de Bert (Allier).
Yvert (Léon), rue Tronchet, 29.
Yvon-Villarceau, à l'Observatoire.

Note sur le rapport de la Commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez

PAR

MM. Eugène FLACHAT et L. MOLINOS.

Le rapport de la Commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez contient une étude très approfondie et très complète de la question d'un si haut intérêt qui avait été soumise à son examen. Il est en effet possible, par la lecture des documents qu'il publie, de se former une opinion très motivée sur les diverses solutions générales qui ont été proposées, et même sur la plupart des dispositions de détails et des moyens d'exécution du projet définitif auquel la Commission s'est arrêtée.

Nous allons résumer brièvement les points principaux de ce grand travail avec quelques observations que sa lecture nous a suggérées, quelques dissidences d'opinion que nous émettons avec les réserves nécessaires, privés, comme nous le sommes, d'une étude personnelle des lieux.

Tracé.

La question du tracé, pour laquelle trois solutions ont été proposées, est une de celles qu'il est le plus difficile de juger sans avoir soi-même une connaissance exacte du pays. Pourtant, ces tracés ayant

été exposés avec grand détail par leurs auteurs, et la discussion du rapport portant sur des points capitaux, les objections qu'il soulève reposant sur des faits qui paraissent solidement établis, il est possible, en admettant comme exacts ces témoignages dignes de foi, d'apprécier la valeur des conclusions du rapport. A cet effet, nous écarterons les considérations politiques qu'on a essayé d'introduire dans la question, et qui sont un motif de confusion plutôt que de lumière. Nous admettrons que la question véritable, celle qui importe au commerce du monde entier, et, il faut aussi le dire, celle que le pacha d'Egypte a eu le louable désintéressement de poser sans aucune restriction, c'est l'union des deux mers par le moyen le plus simple et le plus pratique. La certitude du succès, sans tâtonnements ou mécomptes, et l'économie des moyens d'exécution, sont deux conditions nécessaires de la solution adoptée, puisque la conduite de cette immense entreprise est confiée à une compagnie industrielle.

En partant de ce point, le tracé qui paraît le plus naturel, c'est certainement celui qu'a adopté la Commission, le tracé direct, qui réduit aux moindres proportions le canal de jonction des deux mers, coupant l'isthme dans sa partie la plus étroite. Pour qu'on dût se détourner de cette idée, il faudrait deux conditions: 1° que ce tracé soulevât de sérieuses difficultés d'exécution que le premier examen ne peut faire prévoir; 2° qu'on proposât un autre tracé présentant sur celui-ci des avantages incontestables et d'une grande valeur. Il est actuellement facile de montrer que les deux projets mis en présence de celui de la Commission ne peuvent remplir aucune de ces deux conditions.

L'idée commune qui semble avoir présidé à ces deux projets est la transformation du canal direct des deux mers, avec le cachet cosmopolite que lui donne le tracé de l'isthme, en une voie navigable essentiellement égyptienne, reliant Suez à Alexandrie, l'une par le centre de l'Egypte, l'autre par l'extrémité inférieure du Delta. Les auteurs paraissent attendre pour l'Egypte des avantages considérables de la navigation maritime, qui pourtant la traversera probablement, comme

elle fait aujourd'hui des déserts de l'Océan; ils confondent ainsi en une seule deux questions toujours très distinctes: la navigation intérieure et la navigation maritime. Pour démontrer que ce point de vue n'est pas admissible, il suffira d'établir que le commerce de l'Egypte peut être mis en communication avec cette grande artère maritime à beaucoup moins de frais que par la construction d'un immense canal de 100 mètres de largeur sur 8m.50 de profondeur, auquel ces deux projets font subir un accroissement de longueur de plus de 250 kilomètres. C'est ce qui ressortira du cours de cette discussion. Voyons d'abord les objections très graves qui sont élevées contre ces deux tracés.

La tracé de M. Talabot a pour base, dans la Méditerranée, le port neuf d'Alexandrie. Il longe la rive gauche du Nil en le remontant jusqu'au barrage du Caire, le traverse en ce point pour prendre la direction du canal de Trajan, et se rend à Suez en se confondant à peu près avec le tracé direct à partir des Lacs Amers.

Sans nous arrêter à toutes les objections de détail qu'on peut faire à ce tracé d'un développement très considérable, nous arriverons de suite à la traversée du Nil, qui, constituant une véritable impossibilité, nous dispensera d'examiner les autres. M. Talabot propose deux moyens pour effectuer cette traversée: soit l'établissement d'un chenal artificiel et transversal dans le Nil, soit un pont-canal.

Le premier de ces moyens est impraticable. La profondeur du canal maritime est en effet de 8 mètres. Le Nil ne présente à l'étiage qu'une hauteur de 1m.80 au-dessus des radiers du barrage; il faudrait donc surélever le niveau de 6m.20. La barrage actuel n'a été construit qu'en vue d'une charge de 4m,50 au-dessus de l'étiage; il faudrait donc lui imposer une surcharge de 1m.70, ce qui nécessiterait sa reconstruction. Mais une difficulté bien plus grave que cette modification, qui ne serait en définitive qu'une dépense, s'oppose au maintien, en ce point, d'un niveau de 8 mètres au-dessus des radiers. Le plan d'eau se trouverait en effet à un niveau supérieur aux ter-

rains environnants, et cette circonstance amènerait dans ces terrains des infiltrations de bas en haut.

Le sol de l'Egypte est composé, sous la couche de limon déposée par les inondations du fleuve, d'une couche générale de sable de mer, contenant une grande quantité de sel que ces infiltrations ramèneraient à la surface, de manière à frapper de stérilité toute la contrée dans laquelle elles se manifesteraient. Outre ces inconvénients, il faut ajouter que l'établissement permanent d'un chenal transversal dans un fleuve roulant sur un fond de sable, et contenant en suspension environ vingt fois plus de matières que le Rhône, est une entreprise impossible ; ce chenal ne pourrait être très incomplétement entretenu qu'au moyen de dragages constants. Enfin, à l'époque des crues, la vitesse du fleuve atteint jusqu'à 1.^{m}50 par seconde. Tout contribuerait donc à rendre cette traversée dangereuse et intermittente. Telles sont les objections sérieuses que la Commission fait valoir contre cette solution ; nous y ajouterons une simple observation. Il existe en France un exemple de la traversée d'un fleuve par un canal, et, quoique sur une échelle très-restreinte, il peut suffire à démontrer que les inconvénients de cette solution doivent la faire absolument rejeter : nous voulons parler de la traversée de la Loire, de Châtillon à Ousson, au-dessus de Briare, par le canal latéral à ce fleuve. Ce canal est à grande section, d'un tirant d'eau normal de 1^{m}.60. Les écluses ont 45 mètres sur 6^{m}.20. C'est donc un canal d'une grande importance, qui peut porter des bateaux de 225 tonnes et plus; or la traversée de la Loire est un obstacle qui anéantit pour la navigation tout le bénéfice des sacrifices faits pour la construction de ce canal. Il est en effet impossible de maintenir le passage, et l'obstruction incessante du chenal force à réduire le tirant des bateaux à 1 mètre, et même souvent à beaucoup moins. Ce passage très dangereux est de plus la cause d'avaries fréquentes. On peut juger par là des difficultés que présenterait la traversée du Nil avec une profondeur minima de 8 mètres.

Dans le but de répondre à ces objections, M. Talabot propose la construction d'un pont-canal. Pour ne pas intercepter la navigation actuelle du fleuve, ce pont devrait offrir un débouché de 12 mètres, ce qui, y compris l'épaisseur du pont, porterait le plan d'eau du canal à 22 mètres environ au-dessus du niveau du fleuve, pendant les crues, soit environ 30 mètres au-dessus de l'étiage et 40 mètres au-dessus du niveau de la mer. Ce pont aurait 38 mètres de largeur et environ 1 kilomètre de longueur. En fixant la chute des écluses qui rachèteraient cette énorme différence de niveau à 3 mètres, il faudrait sur chaque versant treize à quatorze écluses.

C'est là certainement un projet gigantesque qui ne serait pas déplacé dans le pays des pyramides. Il est malheureux que la dépense immense qu'en coûterait l'exécution ne soit pas la plus grande objection qu'on puisse lui faire, car ce pont constituera en effet un véritable canal à point de partage, dont le bief de partage est le sas que traverse le fleuve. Comment alimenter ce bief placé à 30 mètres au-dessus du niveau du Nil? Avec l'eau du fleuve, car on n'a pas le choix des moyens. Il faut donc annexer à ce monument des machines élévatoires capables de suffire à son alimentation, c'est-à-dire d'élever journellement à la hauteur de 30 mètres 300,000 mètres cubes d'eau. C'est une force d'environ 4,000 chevaux : telle est la charge énorme dont on devrait grever la navigation de ce canal, et qui suffirait, avec les difficultés qui résulteraient pour la traction du grand nombre des écluses, à absorber l'avantage du passage par l'isthme. En présence de ces résultats, il nous semble difficile de ne pas adopter sans restrictions les conclusions de la Commission relativement à ce projet.

Le tracé proposé par M. Barrault prendrait également Alexandrie pour point de départ dans la Méditerranée. D'Alexandrie au lac Menzaleh, c'est un canal latéral à la mer. Il coupe les branches de Rosette et de Damiette près de l'embouchure du fleuve, à un endroit où il présente à peu près une profondeur suffisante pour la navigation maritime ; les inconvénients de la traversée du Caire, bien que de beaucoup atténués, ne sont pas pourtant écartés. Les auteurs, en re-

liant les villes principales de l'Egypte par le canal d'eau douce, se sont donc proposé un double but : de recueillir des avantages commerciaux et agricoles.

Au point de vue du commerce intérieur de l'Egypte, cette combinaison nous paraît aussi discutable que celle de M. Talabot, puisqu'elle est basée sur un canal de dimensions exceptionnelles qu'on pourrait remplacer avec grand avantage d'économie par une voie beaucoup moins importante.

Les avantages agricoles que les auteurs pensent retirer de ce canal sont fondés sur son alimentation par l'eau douce. Il paraît donc devoir être une nouvelle source d'irrigations fécondes pour toute la contrée qu'il traversera. La Commission reproche à ce projet de couper le réseau très compliqué des canaux qui sillonnent actuellement le Delta, et, par suite, d'apporter une grave perturbation au régime des eaux de cette contrée actuellement fertile. Elle pense aussi que les dépenses occasionnées par la traversée de cette multitude de canaux équivaudrait presque à celles du projet de M. Talabot. De plus, l'alimentation du grand canal par l'eau douce entraîne une difficulté inévitable, c'est l'ensablement du canal par le dépôt du limon du fleuve, qu'il faudrait combattre par des dragages permanents. Enfin, et c'est là une grave objection, il est douteux que le canal rende à l'agriculture de véritables services. La présence du sel à peu de distance du sol est la cause de la stérilité des contrées éloignées du Nil. Les inondations du fleuve ont sur les terres une double action : elles déposent à leur surface un limon fertile ; elles enlèvent par lavage les efflorescences salines que l'humidité du sol ramène à la surface. Il ne suffit donc pas pour fertiliser ces terres qu'elles aient été couvertes par l'inondation, il faut de plus que les eaux, après un séjour momentané, trouvent un écoulement. Une preuve de cette nécessité est la stérilité du lac Menzaleh, qui, quoique recevant encore les eaux du Nil dans les grandes crues, ne contient qu'une eau plus salée que l'eau de la mer. Or le canal de M. Barrault traverse, en longeant la côte, une série de contrées dont le niveau est actuellement infé-

rieur à celui de la mer, et qui par cette raison sont stériles. Il semble donc que le voisinage du grand canal d'eau douce ne changerait en rien l'état actuel de ces contrées, et qu'au contraire les digues du canal seraient plutôt en certains endroits un obstacle à l'écoulement des eaux.

Nous ajouterons sur ce point une observation. Le rapport de la Commission ne s'est pas, à notre avis, assez nettement expliqué sur la possibilité même d'établir un canal d'eau douce dont le tracé parcourt des terrains excessivement salés, qui traversera d'immenses réservoirs, comme le lac Timsah, actuellement pleins d'eau salée, et dont l'extrémité aboutit à une mer d'un niveau supérieur. Il faut en effet remarquer que ce canal ne recevra d'eau douce que par son extrémité et surtout dans les crues du Nil; que ses eaux se trouveront par suite dans des conditions semblables à celles des eaux stagnantes des acs salés actuels. Le mouvement de la navigation aura de plus pour conséquence d'introduire journellement un nombre d'éclusées d'eau de mer, qui ne laissera pas que d'être considérable. De toutes ces causes, agissant dans le même sens, ne peut-on conclure que le maintien de ce grand canal en eau douce est au moins fort problématique? Il faut dans ce cas renoncer à toute espérance d'avantages agricoles pour le pays, et le seul argument qu'on puisse produire en faveur du projet de M. Barrault se réduit à la liaison des villes principales de l'Egypte, liaison intéressante sans doute, mais qu'on peut produire avec infiniment moins de frais que par la construction d'un canal maritime. Dans tous les cas, quoi qu'on en dise, c'est là une question d'intérêt local en dehors du grand problème dont la solution s'agite aujourd'hui.

Dans le but d'assurer l'alimentation du canal, les auteurs se ménagent la ressource de canaux dérivés du haut Nil, dont le débit s'ajouterait aux deux branches de Rosette et de Damiette. Ce système devient alors plutôt un projet de canalisation générale de l'Egypte qu'un canal de jonction des deux mers.

La Commission oppose enfin à ce projet, qui, de même que celui

de M. Talabot, présente environ un développement triplé de celui du tracé direct, un surcroît considérable de premiers frais d'établissement et d'entretien. Nous reviendrons nous-mêmes sur ce point.

Le tracé direct, adopté par la Commission, était indiqué nettement par la nature des lieux. Il est le plus court ; il traverse un pays plat, presque entièrement dépourvu d'accidents de terrains ; il ne nécessite sur tout son parcours aucun travail d'art autre que l'établissement nécessaire et prévu du port de la Méditerranée et des têtes du canal à Suez. C'est donc incontestablement le plus économique de tous les tracés proposés ; c'est celui qui permettra la plus prompte exécution ; de plus, il ressort de la manière la plus évidente pour tout esprit impartial que ce tracé ne peut rencontrer au point de vue de l'art aucune difficulté sérieuse, à ce point que son exécution est non-seulement possible, mais même facile.

Voici, d'après le rapport de la Commission, toutes les conditions principales du projet.

Le canal maritime, de 100 mètres de largeur au plan d'eau sur 8 mètres de profondeur, débouchera dans la mer Rouge, au port de Suez ; de là il traversera le bassin desséché des Lacs Amers pour se rendre dans le lac Timsah, où le chenal sera simplement dragué et marqué par des bouées, sans construction de berges. Le bassin actuel des Lacs Amers et celui du lac Timsah seront remplis par l'eau de la mer Rouge, et le lac Timsah constituera un port intérieur, pouvant d'ailleurs présenter une immense surface. Au delà de ce lac, le canal traversera le lac Menzaleh et viendra déboucher à la hauteur de l'ancienne Saïs, dans la Méditerranée. L'avant-projet a été modifié sous ce rapport ; il avait porté l'embouchure du canal près des ruines de Péluse, à un endroit où l'on ne trouve les profondeurs d'eau de 8 mètres qu'à une distance de 7 à 8 kilomètres de la plage. C'était un grave inconvénient, puisqu'on eût été conduit, pour trouver une profondeur correspondante à celle du canal, à construire des jetées de la longueur excessive de 8 kilomètres. A Saïs, au contraire, se trouve la ligne de plus grande pente de la côte, et les profondeurs de

8 mètres ne sont plus éloignées de la plage que de 3,000 mètres. De plus, le rapport de la Commission établit que cette baie sera commode pour la navigation ; qu'elle est d'un mouillage généralement sûr ; que l'appareillage des navires y sera facile par les vents dominants, et que les atterrissements ne peuvent donner d'inquiétude sur la conservation du port. Ces atterrissements, qui sont en effet sensibles près des bouches actuelles du Nil, ne se produisent nullement, d'après l'opinion de la Commission, sur toute cette partie de la baie, qui porte au contraire des marques évidentes d'érosion. Cette question, qui a été fort controversée et qu'on a souvent présentée comme une objection grave au tracé direct, semblerait donc aujourd'hui définitivement tranchée.

C'est pourtant un point trop important pour qu'on puisse passer légèrement sur les difficultés qu'il soulève. La prétendue impossibilité de fonder à Saïs et sur toute la rive droite du Nil un port durable est l'arme la plus sérieuse des projets opposés au tracé direct. Nous pensons, en effet, que tous les arguments qu'on a produits en faveur de ces projets tombent facilement devant un examen approfondi ; mais il est évident qu'il n'en saurait être de même d'une impossibilité absolue dans l'établissement du port d'accès. Les objections soulevées à cet égard s'appuient sur les atterrissements portés sur la rive droite du Nil par les courants littoraux. Il reste donc, pour écarter tous les doutes, à constater la permanence du profil de la côte par des observations répétées et consacrées par un temps suffisant. Il est à croire que les ingénieurs qui ont commencé ces études ne les laisseront pas inachevées sur une question aussi importante, et qui, actuellement, peut encore prêter à des critiques.

Le port Saïd se composerait simplement de deux jetées distantes de 400 mètres ; la jetée de l'ouest serait portée jusqu'aux profondeurs de 10 mètres et aurait 3,500 mètres de longueur ; celle de l'est s'arrêterait aux profondeurs de 8m.50 et aurait 2,500 mètres de longueur. Cet immense chenal formera ainsi un avant-port de 40 hectares de superficie, parfaitement abrité des vents du nord-ouest,

dominants, et amenant la plupart des tempêtes. De plus, un port sera formé à l'origine des jetées, au moyen de retraites de 200 mètres sur une longueur pareille, formant ainsi un carré de 800 mètres de côté. Le canal débouchera au fond de ce port.

Aucun ouvrage ne défendrait l'entrée des jetées, la Commission ayant repoussé la construction d'un brise-lames, comme sans doute inutile, et même plutôt dangereux au point de vue de l'ensablement de l'extrémité du chenal.

Nous ne dirons rien de la construction des jetées, qui, une fois le plan général admis, n'offriront d'autre difficulté que l'importance de l'entreprise.

Le port de Suez ne nécessitera que des travaux bien moins considérables. La rade de Suez présente un fond d'eau de 5 à 13 mètres, ainsi que l'attestent un grand nombre d'observations. Elle est accessible de la mer Rouge par deux passes profondes de 16 à 17 mètres et très larges. Des nivellements exacts et concordants ont fait justice de l'opinion erronée et illogique qui attribuait à la mer Rouge un niveau de beaucoup supérieur à la Méditerranée. Le niveau moyen de la mer Rouge est de $0^{m}.80$ supérieur à celui de la Méditerranée; cette différence peut varier de $0^{m}.40$ en morte eau à $1^{m}.03$ dans les grandes marées. Une tempête de vents du sud peut accidentellement accroître cette différence de $0^{m}.61$.

Les jetées du port de Suez, aboutissant dans une rade sûre, seront poussées seulement jusqu'aux profondeurs de 6 mètres; le reste du chenal sera raccordé aux profondeurs de 9 mètres par une excavation de 500 mètres de large. Nous reviendrons plus loin sur le système adopté pour l'embouchure du canal dans ce port.

Sur toute la traversée de l'isthme, les travaux de terrassement du canal ne paraissent pas offrir de très grandes difficultés. Les côtes du terrain et du profil en long ne présentent des différences considérables que sur un point assez restreint du parcours aux environs du Sérapéum. Les sondages exécutés sur la ligne démontrent que la composition du terrain est partout à peu près la même. On rencontrera

pourtant dans le bassin des Lacs Amers des couches de sulfate de chaux cristallisé, et plus loin des couches de silex dont l'exploitation présentera sans doute des difficultés.

La Commission répond avec soin dans son rapport aux inquiétudes qu'on pourrait concevoir sur le maintien des berges du canal. Elle n'hésite pas à déclarer que l'état des lieux démontre d'une manière évidente que le sol tout entier de l'isthme a acquis une forme persistante. Ce fait est attesté par la conservation des berges des anciens canaux des Ptolémées, dont on retrouve des tracés intacts, et par un grand nombre d'observations directes. Il ne sera donc pas nécessaire d'empierrer ces berges sur toute la longueur du canal.

Nous avons dit que le lac Timsah serait destiné à former le port intérieur du canal. La Compagnie y construirait des bassins de radoub. Le canal d'eau douce dérivé du Caire, venant rejoindre le lac Timsah pour suivre latéralement le canal maritime jusqu'à Suez, permettrait de remplir ce bassin et de le mettre à sec par la surélévation de ses eaux. Dans le bassin de ce lac, le canal maritime sera tracé au moyen de dragages, sans berge, le chenal étant indiqué par des bouées.

La question du débouché du canal maritime à Suez a donné lieu à plusieurs discussions dans le sein de la Commission. L'idée la plus naturelle était de terminer ce canal par une écluse destinée à racheter la différence de niveau variable des eaux de la mer Rouge. Le canal maritime se serait ainsi trouvé entièrement au niveau de la Méditerranée, sans qu'il fût besoin d'écluse du côté du port Saïd. Ce n'est pourtant pas à cette solution que s'est arrêtée la Commission. Au lieu de prolonger les berges du canal à travers le bassin des Lacs Amers, M. de Lieussoux, ingénieur hydrographe, membre de la Commission, a proposé de tracer le canal par des dragages en remplissant complétement d'eau de mer l'immense bassin aujourd'hui desséché de ces lacs. On compte ainsi pouvoir se servir de ce bassin comme d'un régulateur qui permettrait de laisser toujours ouverte la communication du canal avec la mer Rouge. D'après les calculs de M. de Lieussoux, les courants qui pourraient naître par suite de la plus grande diffé-

rence de niveau des deux mers seraient annulés dans la partie du canal situé au nord des Lacs Amers, et pourraient atteindre la vitesse maxima de 1^{m}.16 dans la partie sud. Ces courants seraient dus simplement à la pente, et non à l'onde marée, dont les Lacs Amers arrêteraient le développement. La Commission a donc admis que l'utilisation des Lacs Amers comme réservoirs pouvait permettre de laisser la communication libre des têtes du canal à Suez avec la mer Rouge, et qu'on serait tout au plus conduit à empierrer quelques parties des berges de la section sud du canal qui ne pourraient sans danger supporter un courant de 1^{m}.16 par seconde. On a fait beaucoup valoir en faveur de cette solution, sans doute très élégante, les inconvénients des écluses, les chômages auxquels elles entraînent, les dépenses de leur établissement. Nous ne partageons pas l'avis de la Commission sur cette question d'une grande importance, puisque la solution engage l'avenir plus que ne le laisse voir le rapport. Il s'agit en effet de savoir si en adoptant le système des écluses on prolongera les berges du canal dans la traversée des Lacs Amers, ou bien si ces berges s'arrêteront à l'origine de ce bassin pour ne reprendre qu'à la sortie le canal communiquant librement avec la mer.

Nous regardons comme incontestable que la solution des berges continues et des écluses à l'extrémité du canal à Suez est celle qu'on doit préférer.

Examinons en effet les objections que l'on a soulevées contre les écluses.

En premier lieu, la construction de ces écluses ne sera pas coûteuse relativement à l'importance du travail, car elle peut être faite dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire à sec et sans le secours d'aucuns batardeaux. Les radiers ne devront supporter que la faible charge de 1^{m}.70, c'est-à-dire qu'ils présenteront toute garantie de conservation. Quant à l'importance de ces écluses, nous avons dans la Seine même des exemples qui n'en diffèrent pas beaucoup. Nous citerons l'écluse de Bougival, dont le sas a 12 mètres de largeur sur 113 mètres de longueur utile; celles du canal de Suez devraient

avoir environ 25 mètres sur 130 mètres. Mais les écluses de la Seine ont été construites en pleine rivière ; on peut donc affirmer que la construction des écluses du canal maritime est plus facile que celle de ces travaux si connus que nous rappelons. Quant aux chômages, il est très facile d'y pourvoir par la construction de trois écluses accolées : deux fonctionneront toujours, l'une pour l'entrée, l'autre pour la sortie, et l'on peut affirmer qu'au moyen de l'écluse supplémentaire le service ne sera jamais interrompu.

Quant au temps nécessaire pour l'éclusée, nous pouvons parfaitement prendre pour point de comparaison le temps d'une éclusée à Bougival, qui dure environ, tout compris, un quart d'heure. Par conséquent deux écluses pourraient livrer passage par heure à huit navires du plus fort tonnage, ou à un plus grand nombre d'un tonnage moindre, car il arrivera souvent qu'on puisse en écluser deux à la fois. Si on ajoute que les portes pourront rester ouvertes très souvent, et dispenser par suite de manœuvre, on ne peut douter que l'objection d'un retard ou d'un embarras pour la navigation n'ait aucune valeur.

Quant à la dépense, il ne faut pas oublier que le système de l'entrée libre du canal à Suez entraînera à des empierrements considérables, de Suez aux Lacs Amers, sur une distance d'environ 20 kilomètres. C'est sans doute une compensation.

Ainsi donc, on ne peut faire aucune objection sérieuse contre l'établissement de trois écluses accolées à Suez ; or, les avantages que ce système présente sont très considérables, et il nous semble que la Commission ne s'est pas suffisamment éclairée à ce sujet.

Le canal maritime, terminé à Suez par des écluses à berges continues sur toute sa longueur, excepté si l'on veut dans la traversée du bassin relativement restreint du lac Timsah, présentera un régime d'eaux le plus uniforme, le plus sûr qu'on puisse désirer. Les courants qui s'y établiraient varieraient de sens sans jamais atteindre la vitesse insignifiante de $0^{m}.25$ par seconde. C'est donc dire que la navigation s'effectuerait sans le moindre danger dans toute l'étendue du canal. Avec l'entrée libre, la Commission admet que le courant

pourra atteindre, dans certains cas, la vitesse de 1 mètre, ce qui est notablement supérieur à celle de la Seine en eaux moyennes. On doit s'étonner que la Commission n'ait pas senti le danger que présenterait alors la navigation du canal pour de gros navires. On sait en effet combien est difficile, dans un canal relativement étroit, la navigation qui descend un courant et se rencontre avec un mouvement en sens contraire. Les navires qui descendent un courant ne peuvent gouverner qu'à la condition d'acquérir une vitesse notablement supérieure à celle du courant. Quel que soit le système de remorquage qu'on adopte pour ce service, le canal devra livrer passage à deux trains de navires, l'un remontant le courant, l'autre le descendant, gouvernant très mal, ou forcément animés d'une très grande vitesse; c'est là, on peut le prédire, une source féconde d'accidents. Mais, si on examine le mode de remorquage qui doit être appliqué aux navires sur l'isthme de Suez, nous dirons même que la construction des écluses est une nécessité.

En effet, on ne peut penser à employer des chevaux de halage: c'est un moyen qui, sous ce climat et pour un trafic de cette importance, ne doit même pas être examiné. Le système de remorqueurs qui se prête le mieux à une descente sont les remorqueurs à aubes ordinaires. Mais ces bateaux, qui devraient être d'une puissance très considérable, puisqu'il faudrait qu'ils pussent remorquer environ 2,000 tonnes contre un courant de 1 mètre par seconde, détruiraient les berges, et doivent être absolument repoussés de cette navigation. Il ne reste donc qu'un seul mode de traction à adopter, celui, du reste, auquel la Commission s'est arrêtée, qui par sa puissance peut seul suffire au mouvement du canal, le touage sur chaîne noyée. Mais le touage, dont le succès est maintenant un fait bien acquis à la remonte d'une rivière ou en eau morte, est un système de traction incommode et même dangereux à la descente. Le toueur fixé à sa chaîne n'est pas en effet, comme le remorqueur libre, animé de la vitesse du courant, il faut toujours qu'il enroule une quantité de chaîne correspondante à la vitesse de ce courant, plus à la vitesse re-

lative du train qu'il remorque. C'est là une condition désavantageuse. Il faut ajouter que les ruptures de chaîne, qui ne présentent que très peu de danger à la remonte, sont infiniment plus redoutables à la descente, car elles auraient pour effet presque inévitable une collision des navires remorqués avec le toueur et entre eux.

L'existence d'un courant de 1 mètre par seconde dans le canal maritime conduirait forcément à une distinction entre les navires montants et avalants. Les premiers seraient toués ; les autres n'auraient d'autre ressource que de descendre au fil de l'eau, ce qui serait un grave danger en vertu de l'impossibilité de diriger un gros navire naviguant dans ces conditions, et un embarras considérable dans le service du canal maritime. N'arriverait-il pas, en effet, que des fausses manœuvres mettraient souvent ces navires en travers? Le canal ayant 100 mètres de largeur au plan d'eau et 40 mètres seulement au fond de la cuvette, on peut dire qu'un clipper de 120 mètres de long ne quitterait pas terre de Suez aux Lacs Amers. Ces raisons, qu'il serait facile de développer en détail, nous font regretter que la Commission ait rejeté le système sûr et inattaquable de trois écluses accolées, pour un autre qui ne peut présenter que des inconvénients. Nous devons dire pourtant qu'elle a posé des réserves pour l'avenir, considérant qu'il sera toujours facile de construire ultérieurement ces écluses. Mais il faut remarquer que la tentative, certainement infructueuse, d'un canal ouvert, d'un Bosphore comme elle l'appelle, aura eu de graves inconvénients. En premier lieu, la construction des écluses sera moins facile qu'elle ne le serait dans l'origine ; elle aura nécessité en outre des empierrements des digues et du fond du canal, et par suite une dépense absolument inutile dans le système des écluses. Enfin, il faudra rétablir les digues dans toute l'étendue du bassin des Lacs Amers, dont le rôle deviendrait en effet alors plus funeste qu'utile, l'immense surface qu'ils offrent à l'évaporation devant avoir nécessairement pour résultat de troubler le régime si paisible et si sûr des eaux du canal à écluses et à digues continues. Nous différons donc d'avis sur ce point avec la Commission ; nous hé-

sitons d'autant moins à formuler cette opinion que cette question est de celles qu'on peut le mieux juger à distance, et que d'ailleurs la modification très désirable du projet actuel, à notre point de vue, n'en attaque en rien les dispositions générales, qui témoignent d'études excellentes et de nature à inspirer toute confiance.

Il ressort, en effet, pour nous, d'une manière incontestable, de l'examen des documents publiés par la Commission internationale, que le percement de l'isthme de Suez est une entreprise sans doute considérable, mais qui ne présentera, sous le rapport des questions d'art, aucune difficulté pouvant inspirer le moindre doute sur le succès. Nous pensons que la Commission a judicieusement choisi la meilleure solution, sauf quelques points secondaires qu'il est facile de modifier, et qui le seraient sans doute par des études nouvelles et détaillées, en présence de l'exécution. Ce beau travail a donc en ce sens fait faire un pas immense à cette question. Il doit lever les doutes que tant d'opinions erronées et accréditées depuis longtemps avaient fait entrer dans l'esprit public, et dont les traces sont toujours si difficiles à détruire. Il doit en un mot hâter la solution. Mais il reste encore à ce point de vue une question capitale pour une entreprise basée sur des combinaisons industrielles: c'est le chapitre des dépenses. Le rapport de la Commission contient à ce sujet des renseignements très complets, sur lesquels nous allons présenter quelques observations.

Nous commencerons par déclarer qu'à notre avis les évaluations des produits commerciaux présentées par M. de Lesseps, d'après les statistiques actuelles, sont excessivement modestes. Nous pensons que personne aujourd'hui ne peut assigner des limites, même probables, à un débouché nouveau qui réduit considérablement la longueur et le danger des communications avec les colonies hollandaises, espagnoles, avec l'Australie, ce monde nouveau, dont la population nous donne depuis quelques années le spectacle d'un accroissement prodigieux, qui place enfin les Indes à un mois de distance de l'Europe. Cette dernière condition est surtout d'un immense intérêt. Le sol de l'Inde paraît en général admirablement propre aux productions agricoles.

La population indienne produit infiniment plus qu'elle ne consomme ; c'est donc un pays d'exportation. Jusqu'à ce jour la distance qui sépare les Indes de l'Europe ne leur a permis que d'exporter des produits chers ; les produits agricoles leur étaient interdits. Le percement de l'isthme de Suez modifiera profondément ces conditions. La spéculation pourra en effet se porter sur les blés indiens, situés seulement à mois de distance des principaux marchés de l'Europe. Il sera donc un élément nouveau, d'une puissance presque indéfinie, qui viendra influer sur l'alimentation de l'Europe. Nous ne pouvions supporter trois années de faibles récoltes sans crises. L'Inde interviendra désormais comme un puissant régulateur, pour empêcher le retour de ces crises. C'est dire que le percement de l'isthme doit créer une série de mouvements commerciaux dont il est impossible d'apprécier l'importance.

Il est donc bien évident qu'en se défendant même contre toute illusion, toute espérance chimérique, les statistiques actuelles ne peuvent être considérées que comme un point de départ presque sans intérêt, malgré les chiffres considérables qu'elles font ressortir ; elles doivent être trop vite dépassées pour servir longtemps à des évaluations de produits. Nous croyons donc fermement qu'il importe peu, même au point de vue commercial de l'entreprise, que les devis de dépenses présentés par la Commission soient assez notablement dépassés. Ceci posé, nous allons passer en revue les éléments principaux des prix fournis par les ingénieurs du vice-roi ; ces prix paraissent devoir donner matière à de grandes discussions.

Le devis porte le total de la dépense à 144,000,000 fr. Dans cette somme, les chapitres les plus importants sont :

1° Les terrassements, qui figurent pour. . . 91,000,000 environ
2° Blocs jetés à la mer, pour. . . . . 17,000,000 —
3° Les maçonneries des jetées, pour. . . . 1,000,000 —
4° Le canal de communication d'eau douce pour 9,000,000 —

Mais, ce dernier travail devant être exécuté à forfait par le vice-roi pour cette somme, nous n'avons pas à nous en occuper.

La Commission a publié, comme pièces à l'appui des prix qu'elle a adoptés comme bases de ses évaluations, une analyse contenant les sous-détails de chaque partie de ces travaux.

Examinons d'abord le sous-détail n° 2, relatif aux terrassements. D'après les conventions intervenues entre le vice-roi d'Egypte et la Commission, le prix de la journée d'un terrassier est porté à 1 fr. En partant de ce point, le sous-détail fixe de la manière suivante le prix de revient d'un mètre cube de déblai à sec:

Extraction, 1/10e de journée à 1 fr.	0,10
Charge dans les couffes, 1/10e de journée à 1 fr.	0,10
Transport à trois relais de distance moyenne, 3/7e de journée à 1 fr.	0,43
Fourniture de couffes.	0,04
Total.	0,67

En France, le prix d'un mètre cube de terrassement, transporté à une distance de 100 mètres en rampe de 5 centimètres, la distance du centre de gravité du cube en place et du cavalier étant de 4 à 5 mètres, reviendrait à 61 centimes dans l'hypothèse d'un transport à la brouette; mais il faut remarquer que l'emploi des couffes portées sur la tête constitue un immense désavantage sous un triple rapport: 1° comme emploi de la force humaine, 2° par suite de la difficulté du chargement, 3° enfin par l'impossibilité d'employer des relais.

Ces conditions se feront sentir sur les chantiers par les temps perdus, la lenteur des travaux et l'encombrement. Or, il résulterait de ce sous-détail, et en tenant compte des conditions que nous venons de rappeler et qui n'y sont pas appréciées, une différence notable en faveur du prix de revient en Egypte sur les prix français, et ce résultat est inadmissible. Si nous nous reportons au décret rendu à ce sujet par le vice-roi, nous voyons que le Gouvernement s'engage en effet

à fournir à la Compagnie le nombre d'ouvriers nécessaires; que le salaire de ces ouvriers doit être de 4 piastres ou de 1 fr.; mais que l'entretien de ces ouvriers, c'est-à-dire la nourriture, l'eau, le logement, les ambulances, etc., sont à la charge de la Compagnie, qui retiendra, à cet effet, 1 piastre par jour ou 25 centimes. Or, si l'on veut évaluer la quantité de travail fournie par un ouvrier fellah, d'après les bases admises en Europe il ne faut pas oublier que la vie ordinaire de ce peuple, habitué à ne pas manger, mais aussi à ne pas travailler, devra être profondément modifiée. Les entrepreneurs qui ont exécuté de grands travaux dans différents pays n'ignorent pas la relation intime et d'ailleurs très rationnelle qui lie la quantité de travail fournie par un ouvrier avec son alimentation. Ce serait donc une grande erreur que de ne pas se bien pénétrer de ce fait, que la Compagnie devra nourrir ses hommes dans des conditions tout européennes et bien différentes des habitudes actuelles du pays, ou bien que le travail qu'elle en pourra obtenir se restreindra à peu près dans la proportion des salaires. Nous conclurons donc qu'en réalité la Compagnie devra subvenir à toutes les nécessités de la vie de cette armée de travailleurs, dans un pays où tout est à apporter à grands frais. Croit-on qu'elle le pourra faire à raison de 25 centimes par homme et par jour?

Nous sortons d'une grande épreuve, qui doit être un enseignement profitable pour cette question. Nous venons de voir la France et l'Angleterre réunir toutes les ressources de la civilisation la plus puissante du monde pour entretenir leurs armées en Crimée, et n'y parvenir qu'à l'aide d'immenses sacrifices. Si on réfléchit que, pour exécuter le canal de Mahmoudieh en plusieurs années, Méhemet-Ali employait 20,000 ouvriers fellahs, on tire de ces rapprochements des conséquences bien graves sur l'erreur commise dans les évaluations actuelles de la Compagnie. Pour nous, en admettant que des fellahs bien nourris puissent produire le même travail que des Européens, et par suite qu'un ouvrier extraira par jour 10 mètres cubes de terre, nous reprocherons à ce sous-détail de négliger, ou au moins de ne

compter qu'incomplétement des éléments qui feront en réalité subir un notable accroissement au prix de revient du mètre cube de terrassement.

Ces éléments sont :

1° Le transport des ouvriers ;

2° Les logements ;

3° La nourriture ;

4° Les malades, auxquels la Compagnie doit payer demi-solde, et qui malheureusement seront sans doute en grand nombre : car il ne faut pas oublier que le peuple égyptien n'est pas habitué au travail, et que les terrassements dans ces terrains sont malsains, comme l'a trop prouvé l'exécution du Mahmoudieh ; il faut donc compter sur des frais considérables en hôpitaux, soins, etc. ;

5° La fourniture et l'entretien des outils, qui sont entièrement passés sous silence ;

6° Enfin, une erreur matérielle dans le transport des déblais, par suite de la différence considérable de hauteur des centres de gravité de ces déblais et du cavalier. Qu'on évalue avec soin ces éléments importants, et nous avons la conviction qu'on arrivera à un prix de revient plus élevé que le prix commun des terrassements des chemins de fer en France, qui varie de 1 fr. 50 c. à 1 fr. 80 ; et c'est ce qu'on doit même bien concevoir *a priori*.

Cette illusion séduisante de différences de salaires a causé des erreurs analogues dans les sous-détails suivants. On admet qu'un maître tailleur de pierres reviendra, par jour, à 2 fr. 50 c. ; un charpentier, à 3 fr. ; un maçon, à 1 fr. 75 c. Le prix d'un bloc de pierre de 1 mètre cube, mis en place à Saïd, est évalué à 10 fr. 80 c., y compris 147 kil. de transport ; 1 mètre cube de maçonnerie de pierre de taille, mis en place, est compté, à Saïd, à 24 fr. 66 c. ; *id.* de moellons, à 13 fr. 91 c.

Toutes ces évaluations, qui pèchent par la même cause, doivent donc subir un accroissement considérable ; mais on doit voir que la

question la plus importante est celle des terrassements. C'est sur ce point qu'il faudrait porter une minutieuse attention, et il serait à désirer que les ingénieurs qui exécuteront ces immenses travaux, mettant de suite de côté toutes ces illusions de salaires économiques, mais improductifs, s'occupassent à rechercher tous les moyens de réduire cette dépense.

Or il est bien à remarquer que ces travaux se présentent dans des conditions très favorables d'uniformité, sous le rapport de la constitution du sol. Une fois ces conditions bien étudiées, ne serait-il pas possible d'appliquer à l'exploitation des déblais des moyens économiques qui présenteraient d'immenses avantages? Nous en avons la conviction. Bien loin de penser, avec la Commission, que le travail des hommes sera plus économique à Suez qu'en France, par exemple, nous croyons, au contraire, qu'il sera une charge excessivement onéreuse pour l'entreprise, et que dès lors tous les efforts doivent se tourner vers les moyens de réduire le nombre des bras employés, et par suite les transports et l'approvisionnement de cette armée de travailleurs. Nous émettons donc le vœu que le percement de l'isthme de Suez soit, pour de nouvelles machines à déblayer, l'occasion d'un grand progrès. La solution de ce problème, que la consistance du terrain rend plus facile dans cette circonstance que dans toute autre, est le plus éminent service que les ingénieurs de la Compagnie universelle puissent rendre à la cause qu'ils servent.

Il est impossible, dans un aperçu aussi rapide que celui-ci, de prétendre fournir un système complet d'organisation de ces travaux; mais nous ne pouvons pas dissimuler que le point de départ, admis trop légèrement par la Commission, a rendu son rapport très faible sur ce point.

Nous aurions désiré y voir annexer une étude approfondie des différents systèmes à élaborer tout d'abord, avant de s'engager dans une pareille entreprise, et qui, par leur influence sur les dépenses considérables à faire, ne peuvent être considérés comme des détails d'une importance secondaire. La largeur de la tranchée du canal

place ce travail en dehors de toutes proportions avec celles qui sont communément exécutées en France; elle correspond en effet environ à douze plates-formes de chemin de fer accolées. Quel sera le système d'avancement de chantiers pour éviter l'encombrement? Quelles mesures seront prises pour se débarrasser des déblais, en élevant les terres le moins possible? Quels sont les résultats comparatifs produits par l'emploi des couffes, qui rend ce dernier inconvénient le plus grand possible, ou de machines et de voies provisoires, auxquelles la disposition générale du sol paraît si favorable? Il semble en effet que le profil du canal étant attaqué par redans, il serait facile d'y établir des voies provisoires au niveau inférieur du sol environnant et de transporter les terres dans les bassins déprimés et desséchés qui avoisinent le canal; les lacs Menzaleh, Timsah, les Lacs Amers, seraient aussi d'une grande ressource. On trouverait ainsi le moyen de réduire dans une immense mesure le nombre des bras employés et le travail d'élévation des terres, qu'on ne pourra jamais éviter avec le transport par couffes, sans tomber dans des relais d'une longueur démesurée. L'établissement préalable d'un chemin de fer latéral, provisoire si l'on veut, et qui servirait à tous les approvisionnements des travaux et à l'entretien des travailleurs, serait une ressource précieuse pour le transport de tous ces déblais.

Enfin, un autre système doit également être examiné: c'est celui qui prendrait pour base le déblai sous l'eau et la navigation. On pourrait en effet attaquer le canal par les deux extrémités, se servir d'une série de dragues d'une disposition spéciale, laisser remplir les portions ouvertes de la tranchée, et se servir de bateaux clapets pour les transports. Tous ces systèmes généraux ont pour idée commune la substitution des moyens mécaniques aux hommes, c'est-à-dire du prix certain, de la dépense facilement évaluable par de nombreuses analogies, aux incertitudes, à l'inconnu du mode adopté par la Commission. C'est en cherchant avec persévérance dans ce cercle d'idées qu'on fera sortir la vraie solution, puissante et rapide dans l'exécution, certaine dans la marche des travaux, et économique. Il

nous fallait donc signaler cette lacune bien regrettable dans un rapport aussi remarquable par les études approfondies, les observations nombreuses et convaincantes qu'il met en lumière, que par le talent avec lequel il en résume les justes conséquences.

La critique que nous avons faite des prix de revient admis par la Commission peut montrer à quels résultats conduiraient les tracés indirects qui nécessitent des terrassements triples environ du projet de la Commission. Nous pensons qu'il y a une erreur d'environ 100 millions sur les évalutions de la Commission. Si on est fondé à la considérer comme peu importante eu égard aux produits probables de l'entreprise, on ne pouvait pas en dire autant de différences qui s'élèveraient au double et au triple.

Note sur la Verrerie et la Céramique à l'Exposition universelle de Paris

PAR

M. SALVETAT

Membre du jury international
Chef des travaux chimiques à la Manufacture impériale de Sèvres.

Les produits exposés par la 18me classe ont offert l'ensemble le plus complet et l'un des plus satisfaisants que l'Exposition universelle de Paris pût offrir au public. La verrerie et la céramique, qui sont ordinairement les plus beaux ornements de nos expositions nationales, n'ont pas fait défaut; elles ont envoyé, de tous les points du globe, des produits nombreux et remarquables. L'Exposition universelle de Paris compte environ 250 représentants de l'industrie verrière; la France seule a fourni 175 exposants.

A quelque point de vue qu'on se place, on trouve, par comparaison avec les expositions précédentes, des perfectionnements réels; les résultats prouvent des efforts persévérants. Comme objets d'utilité, comme objets de luxe, la verrerie, fournissant des produits si variés, ne reste pas en arrière des autres industries dont elle suit ou dont elle aide le progrès; et ceux qu'elle réalise chaque jour ajoutent aux ressources que, de tout temps, elle a prêtées à la science comme à l'industrie. L'art de faire les glaces, celui de travailler le cristal, celui de colorer le verre, origine première de l'art de faire les émaux sur cuivre et sur paillon, ajoutent au bien-être matériel, et satisfont à des besoins créés aujourd'hui, pour tous, par la civilisation moderne.

Nous ne devons pas moins à la céramique; ses moindres produits sont éminemment utiles; ses plus riches productions sont recher-

chées, car elles portent avec elles le cachet de l'art, cette divine révélation de l'Être suprême. Ses plus infimes produits permettent aux sociétés de s'établir dans les solitudes les plus sauvages.

Les briques ne donnent-elles pas des matériaux commodes de constructions saines dans des localités dépourvues de pierres à bâtir? Lorsqu'elles sont de qualités spéciales, n'apportent-elles pas aux industries qui ont besoin de températures élevées des matériaux d'une importance indispensable? Sous certaines formes, elles facilitent la hardiesse et l'économie des constructions, comme le font les briques et voussoirs de terre cuite; elles servent à des usages pour lesquels toute autre substance serait impropre ou trop coûteuse; les cornues de terre jouent un rôle important dans l'éclairage par le gaz; les progrès réalisés par l'art de la verrerie seraient à peine à citer sans la perfection apportée maintenant à la confection des pots dans lesquels on fait fondre les matières vitreuses.

On sait la variété infinie que présentent les objets façonnés en terre cuite pour les services de la table ou les usages domestiques. Depuis les vases en terre grossière, à peine ébauchés sur un tour rapide et informe, jusqu'à ces pièces blanches et transparentes que les Chinois nous ont appris à faire, que de mélanges différents pour fournir des poteries à texture, à glaçure variées!

Verrerie.

La verrerie est représentée à l'Exposition universelle de Paris par la France, l'Angleterre, la Belgique, l'Allemagne, l'Autriche. Chacune des branches dont se compose l'art du verrier est grandement, noblement représentée. Les produits les plus communs arrivent avec des baisses de prix, seul point sur lequel ils puissent s'améliorer.

L'art de faire la glace s'y déploie avec toutes les splendeurs des plus grands échantillons connus. L'Angleterre a fait défaut; c'est

bien à peu près abandonner la supériorité aux fabriques qui n'ont pas reculé devant l'appel qui leur était fait.

La fabrication des glaces coulées remonte à cent soixante-dix ans environ. La première application des procédés de coulage fut faite à Saint-Gobain. On en attribue généralement le mérite au sieur A. Thévart, qui n'était que le prête-nom de la Société qui, sous cette raison, obtint un privilége en 1688. L'invention paraît appartenir au propriétaire d'une verrerie de Tourlaville, en Normandie, nommé Lucas de Nehou. Pierre Deslandes améliora le procédé, qu'il rendit véritablement pratique en 1756.

La manufacture de Saint-Gobain avait exposé dans le transept une glace de 18 mètres carrés. La glace de Cirey mesurait 18m.50. En remontant en 1834, on regardait comme spécimen hors ligne une glace de Cirey qui n'avait que 10 mètres. En 1851, à Londres, la plus grande glace produite jusqu'alors n'avait que 14 mètres.

Nous ne pouvons omettre ici ce fait, que la Société des ingénieurs civils compte dans son sein les hommes qui dirigent ces progrès, MM. Chevandier de Cirey, Biver de Saint-Gobain, et de Fontenay de Baccarat.

A côté des belles glaces de Saint-Gobain, de Cirey et de Montluçon, qui témoignent des efforts et des progrès apportés dans la fabrication française, se placent les produits de la Belgique et ceux d'Aix-la-Chapelle, manufacture en quelque sorte à son début. La manufacture de Floreffe, près Namur, est récente et fait des produits de belle qualité. Celle d'Aix-la-Chapelle, qui ne date que de 1853, compte déjà 800 ouvriers. M. Valério, membre de la Société des ingénieurs civils, a suivi les premiers travaux.

L'Angleterre, qui n'a pas exposé de glaces blanches, quoiqu'elle produise cependant une grande quantité de miroirs coulés, a soumis à l'examen des jurés des produits destinés à remplacer le marbre dans les constructions de luxe et les ameublements. On a remarqué de grandes plaques de verre poli, opaque ou transparent, les unes incolores, les autres colorées en bleu moucheté, en vert pur ou veiné

de rouge. Ces produits font honneur aux fabricants, MM. Swinburne et Ce, à South-Schields et Newcastle.

Les miroirs de Nuremberg, représentant le produit à bon marché, tiennent leur place. MM. Léopold Héchinger à Furth (Bavière) ont exposé plusieurs de ces produits qui sont remarquables par la pureté du verre, par la minceur et le poli de la matière. M. Léopold Heilbronn, également à Furth, fabrique aussi des miroirs étamés qui seraient irréprochables s'ils n'avaient une couleur verte très prononcée.

Il est évident qu'un jour viendront se placer entre les produits extrêmes, les grandes glaces avec toute leur perfection, c'est-à-dire belle teinte, poli, inaltérabilité et planimétrie, et les miroirs de Nuremberg, des produits intermédiaires comme prix, permettant alors une certaine jouissance du luxe à des classes moyennes qui ne peuvent payer aujourd'hui les glaces aux prix qu'elles conservent.

La concurrence étrangère et quelques modifications que le Gouvernement paraît regarder comme urgent d'apporter, dans l'intérêt du consommateur, aux tarifs actuels de nos douanes, amèneront ce résultat peut-être dans quelques années.

Après la fabrication des glaces, nous avons remarqué la fabrication des cristaux; la fabrication française les présente surtout sous un jour magique; Baccarat, Saint-Louis et Clichy ont exposé des pièces d'un fini et d'une richesse remarquables comme produits de la cristallerie.

On excelle en France dans la fabrication des couleurs, rubis, turquoise, bleus, jaunes, émeraude. Le dichroïte a des reflets vifs et brillants. On forme, avec ces verres diversement colorés, des pièces très riches en doublé et même en triplé; l'émail joue, dans la fabrication de Saint-Louis, un rôle très important. L'opale de Clichy est très remarquable; elle n'a pas la teinte bleuâtre des cristaux similaires des autres fabriques. M. Clémandot, que la Société compte au nombre de ses membres, est directeur de la cristallerie de Clichy. Nous constaterons avec M. Maës, propriétaire de l'établissement, que c'est

à sa persévérance, comme à son habileté, qu'on doit les progrès les plus récents de l'art de la verrerie.

On comparera sans doute aux anciennes pièces de Bohême, aux produits exposés par les puissances allemandes, les pièces exposées par les fabricants français. Sans trop de partialité, la supériorité paraît acquise aux fabriques que nous venons de citer. La lustrerie, représentée par les candélabres et le lustre de Baccarat, est arrivée à la hauteur d'un art particulier : ce ne sont plus simplement des arrangements irréfléchis de pièces de cristal taillées sans méthode; là tout est calculé comme moyen de décomposer la lumière avec le plus vif éclat.

Le lustre en cristal blanc taillé reçoit 140 lumières garnies de verrines; il a 4^{m}.85 de hauteur sur 3 mètres de diamètres; il pèse 2200 kilogrammes. Les deux candélabres de 5^{m}.25 de hauteur portent chacun quatre-vingt-dix bougies. Ces pièces donnent la plus haute idée de la puissance des moyens dont dispose la manufacture de Baccarat, que dirige M. de Fontenay, ancien élève de l'Ecole centrale des arts et manufactures, et membre de la Société.

Nous devons citer aussi la paire de candélabres albâtre et chrysoprase de 3^{m}.65 de hauteur, exécutés par Saint-Louis, et dont la tige torsinée offrait de grandes difficultés de fabrication.

L'Angleterre a placé dans la nef un candélabre qui a 8 mètres environ de hauteur, mais qui ne saurait le disputer aux productions similaires de Baccarat sous le rapport du goût et de l'aspect produit sur l'observateur. Cette pièce est d'ailleurs remarquable. La disposition des tuyaux qui permettent le passage du gaz est habilement masquée; ce candélabre sort de la fabrique de MM. Osler et Comp., à Birmingham.

Pour la cristallerie ordinaire, si l'on excepte quelques objets d'un goût assez équivoque, l'Angleterre, quoique la patrie du cristal, a refusé d'entrer en lice, car les objets exposés sont loin de donner une idée bien exacte de la valeur réelle de cette industrie en Angle-

terre. L'Exposition de Londres en 1851 avait prouvé son développement et son importance.

Les services de table exposés par Saint-Louis, Baccarat et Clichy, rivalisent avec ce qu'il serait possible de rêver de plus riche, de plus élégant. Les pièces d'ornementation, les garnitures de cheminées, les vases en opale ou en couleurs, présentent la plus belle fabrication. Les couleurs de la fabrique de Clichy surtout sont d'une pureté et d'une réussite parfaites. Ces résultats démontrent les progrès dont les sciences chimiques peuvent doter une industrie toutes les fois que celle-ci voudra bien les consulter.

L'application de la science à la fabrication du verre a conduit la manufacture de Clichy, établie dans des conditions particulières, aux portes de Paris, payant le combustible à des prix élevés, soldant chèrement les journées des souffleurs, à la création d'un produit nouveau d'une grande blancheur, d'une dureté remarquable : c'est le verre à base de zinc, ou borosilicate de zinc, appelé à des débouchés importants lorsque l'acide borique aura perdu la valeur exagérée à laquelle le maintient un monopole désastreux. Entrés dans cette voie, les propriétaires de la fabrique de Clichy créeront pour les sciences de précision de puissants moyens d'investigation. Les verres d'une composition nouvelle, contenant à la place de la chaux ou de l'oxyde de plomb d'autres bases comme l'oxyde de zinc, la magnésie, la baryte, jouissent de propriétés optiques que la physique utilisera bientôt, et déjà les verres d'optique fabriqués à Clichy sont bien classés dans l'opinion des hommes compétents.

Les verres de Bohême, à si grande réputation, occupent avec éclat une belle place dans la nef; les craquelés en verre incolore et surtout en verre coloré présentent des effets bizarres qu'on semble goûter aujourd'hui, mais qui ne sont peut-être pas appelés à avoir au delà d'un succès éphémère. Les verres dépolis, déjà parus à l'Exposition de Londres, ont un inconvénient, quelque remarquables que soient la coloration et la grandeur des pièces fabriquées, qui perdent

le mérite que leur donne la vitrification : on peut admettre comme principe, en fabrication, que, lorsqu'une matière perd son caractère distinctif, ce ne doit être que pour prendre l'apparence d'objets d'une plus grande valeur. Or, le verre ou le cristal n'ont rien à gagner à ressembler au plâtre moulé.

Malgré ces observations, nous appellerons l'attention sur les fabrications de MM. Meyer neveux à Adophs-Hutte, à Kalsenbach et Franzensthal (Bohême). Parmi la plus grande variété de vases de forme, de couleur et de destination très différentes, nous avons vu deux grands vases de forme élancée dont les socles découpés en feuille d'acanthe ont dû présenter une exécution très difficile.

M. Steigerwald mérite aussi d'être cité soit à cause du nombre, soit à cause de la variété de ses produits, qui sortent de la manufacture de Schachtenbach (Bavière), située à quelques lieues de la frontière de la Bohême. On suit dans cette fabrique les mêmes procédés que dans la manufacture de MM. Meyer; les matières premières sont identiques, et les marchés d'écoulement se confondent.

Nous rapprocherons la fabrication allemande de la gobeletterie française, qui fait des progrès notables, mais nous ne voudrions pas quitter le cristal sans faire ressortir les mérites de la décoration en couleurs cuites au moufle. Cette industrie, créée en France il y a vingt ans tout au plus, enviée par les étrangers, a donné le plus grand essor à la fabrication du cristal dit opale, qui rivalise avec les porcelaines. L'ameublement de luxe en a tiré parti; le cristal décoré pénètre dans tous les salons dont l'élégance a besoin d'éclat.

Il a fallu des efforts inouïs, une grande persévérance, pour créer un assortiment de couleurs assez fusibles pour décorer le cristal, matière si éminemment ramollissable. M. Robert, de Sèvres, a complétement réussi; depuis plus de quinze ans, il applique sur les produits de Baccarat et de Saint-Louis, pour le compte de la maison Launay, Hautin et C°, des ornements d'un goût parfait. On doit à cette industrie l'élan qu'ont pris, en France, les cristaux de fantaisie, peints, dorés, garnis de bronze, etc.

La gobeletterie a profité avec intelligence de tous les progrès que le cristal et le verre de Bohême ont réalisés dans ces dernières années : pureté de formes, variété de colorations, pureté de nuances; la gobeletterie, dans tous les pays, a rendu ce service considérable, qu'elle place actuellement sur la table du pauvre des objets que le cristal, qui se vend à des prix beaucoup plus élevés, n'aurait jamais pu fournir. Ce produit concourt donc maintenant à faire l'éducation artistique des masses.

Nous avons remarqué, parmi les fabriques françaises, la manufacture de M. de Klinglin, celle de MM. Burgun, Schverer, Berger et Walter, établies à Meysenthal et Gotzenbruck (Moselle). Cette dernière possède une réputation universelle pour ses verres de montres et de lunettes; elle fait annuellement pour 33 millions de verres de montres. Une force de trente chevaux est dépensée pour cette fabrication. Ces chiffres paraissent fabuleux.

Il faut citer, parmi les fabrications étrangères, celles de MM. Adamstalh et Jauke, à Blottendorf (Bohême); M. Benoît Vivat, à Marbourg (Styrie); M. Ignace Pelikan, à Meisterdorf (Bohême); M. le comte de Buquoi, à Schwartzthal (Bohême).

Le verre à vitres est l'une des fabrications les plus intéressantes. Le luxe et les améliorations hygiéniques que réclament nos habitations ont placé cette industrie dans l'obligation de sortir de la routine. Une belle et bonne coloration, une planimétrie convenable, un bon marché en rapport avec la dimension des vitres, recommandent plusieurs centres importants de fabrication. La production anglaise, la production de la Belgique, celle de diverses parties de la France, en concentrant ces industries dans des localités où le combustible minéral est en abondance, satisfont encore à peine aux exigences d'une consommation qui se développe sans cesse. Les conditions nouvelles dans lesquelles cette fabrication se présente actuellement en Angleterre modifieront sous peu la concurrence que les produits anglais peuvent faire aux produits belges. La qualité et la blancheur de ces

derniers leur assureront sans doute encore pour longtemps le consommateur élégant.

La France, l'Angleterre, la Belgique, étaient représentées au Palais de l'Industrie par leurs producteurs les plus distingués. Plusieurs autres contrées avaient envoyé des échantillons d'une fabrication satisfaisante.

MM. Chance frères et C^e^, à Birmingham, réunissent dans leurs verreries deux mille ouvriers. On remarquait, parmi les produits variés qui composaient leur exposition, des plateaux de verre soufflé pour vitrage de 1^m^.30 à 1^m^.40 de diamètre. On sait que l'Angleterre est le seul pays aujourd'hui qui conserve ces procédés de fabrication du verre à vitres; ces procédés donnent des verres d'un très beau poli, mais ils ont l'inconvénient de ne pouvoir donner que des vitres de moyennes dimensions. MM. Chance fabriquent, du reste, depuis 1832, des verres à vitres par le procédé de l'étendage. Leurs produits sont irréprochables comme affinage; mais leur blancheur est de beaucoup inférieure à celle des produits français ou belges. MM. Chance sont secondés dans leurs manufactures par M. Masselin, membre de la Société des ingénieurs civils.

Nous avons remarqué des plaques de verres cannelés pour les toitures et les serres, obtenus par des procédés imaginés par M. Hartley, exposant de l'Angleterre. MM. James Hartley, de Sunderland, fabriquent encore, avec une grande perfection, des verres de jardin, des rouleaux, des jattes pour laiteries, que nos fabricants devraient bien imiter.

MM. Hutter et C^e^ représentaient la réunion des diverses verreries établies sur le bassin de la Loire, dans des conditions très avantageuse à l'égard du combustible. MM. Patoux-Drion et C^e^, d'Aniche (Nord); MM. Renard père et fils, à Fresnes, près Valenciennes (Nord); MM. Gobbe Fogt et C^e^, à Aniche (Nord), représentent dignement l'agglomération des verreries dans le bassin du Nord. D'autres parties de la France fabriquent encore de beaux verres à vitres : parmi les fabricants les plus importants nous citerons M^me^ Bernard, à

Bagneaux, près Nemours; la verrerie de Sèvres, fondée en 1785 par lettres-patentes du roi Louis XV; M. Vallet et C°, à Forbach; M. Duthy, à Paris. Ces produits sont généralement d'une bonne fabrication. Le verre est blanc, bien affiné, bien étendu.

La Belgique est un pays essentiellement verrier, surtout dans la province de Hainaut. A la tête de cette industrie sont placés M. J. Frison, à Damprémy, près Charleroi; MM. Bennert et Bivort, à Jumet; MM. Jonet et Dordolot, à Couillet; MM. Capellemans, Deby et C°, à Charleroi. Quelques-uns de ces fabricants livrent encore au commerce des verres de couleurs dont les qualités sont bonnes.

La Bavière, la Prusse rhénane, la Suède, avaient envoyé des verres à vitres d'assez bonne fabrication. M. Wagner, à Sulzbach et Friedrichsthal; M. Wentzell, à Friedrichsthal, sont en voie de progrès.

Les globes, les manchons, les objets de pharmacie et de chimie, qu'on fabrique principalement en Autriche avec des qualités supérieures, tiennent bien leur place dans l'Exposition française; nous citerons, entre plusieurs, M. Boissière, à Vauville (Orne), et M. Pochet, au Plessis-Dorin (Loir-et-Cher); MM. Grégoire et Masson, à Saint-Evroult (Orne); M. Doisy, au Landel (Seine-Inférieure).

La fabrication des objets qui précèdent nous mène naturellement à celle des bouteilles. Le verre à bouteille prend surtout un grand développement dans les pays vignobles. La France devait donc, sous ce rapport, offrir une grande variété de ces produits; ils sont généralement bons. Toutes les autres contrées qui ont exposé cette année présentaient des produits bien faits, de couleurs diverses, en rapport avec les usages et les habitudes du pays.

On a pu remarquer, dans l'exposition de M^me^ veuve Leroy Soyez, des bouteilles moulées dans des moules fermés métalliques, irréprochables tant sous le rapport de la répartition du verre que du poli de la surface.

La verrerie d'Epinal, dirigée par M. Andelle, ancien élève de

l'Ecole centrale, tient un des premiers rangs dans la verrerie française : elle occupe près de deux cents ouvriers. La verrerie de Folembray, celle de Vauxrot, toutes deux dans le département de l'Aisne, font des bouteilles d'excellente qualité. On cite surtout, comme bouteilles propres à contenir les vins mousseux, les bouteilles de Folembray; elles résistent généralement, en effet, à des pressions de 25 à 32 atmosphères.

Ce serait être ingrat que de ne pas dire quelques mots d'une industrie qui prend tous les jours une plus grande extension, et qui force le fabricant de verres à vitres à multiplier ses productions : nous voulons parler des vitraux peints. Tant que le peintre verrier a cru devoir se borner à la restauration des anciens vitraux, son œuvre dut être très restreinte; l'art moderne, appliqué maintenant à la confection de fenêtres des nouveaux édifices religieux, a développé le goût du vitrail de couleur, strictement renfermé dans le style en quelque sorte mosaïque; on le fait sortir, à tort ou à raison, de ce cercle, pour prétendre à beaucoup mieux, pour prétendre à beaucoup plus. Sans entrer dans le débat, constatons que l'Exposition nous révèle dans chaque école des qualités remarquables et la ferme volonté de produire. A présent, l'art du vitrail peint pénètre dans nos habitations ordinaires, et le prix assez bas auquel le commerce l'établit ajoutera bientôt à ces débouchés nouveaux. Les salons, les boudoirs, présenteront à l'œil ébloui ces mille teintes éclatantes, que le soleil faisait épanouir exclusivement autrefois dans l'immensité de nos monuments gothiques.

Ces résultats n'ont été possibles qu'avec les efforts des fabricants qui ont étudié la confection des verres de couleurs; ils ne sont devenus pratiques qu'avec les découvertes de la chimie moderne, qui, épurant toutes les matières minérales, transformant en industrie les spéculations du laboratoire, donnant la vie aux conceptions de nos savants modernes, ont mis à la portée de toutes les bourses ces oxydes métalliques dont le prix naguère encore était fabuleux.

L'art de la gravure, autrefois réservé pour la taille des cristaux et des verres de Bohême, est employé sur la plus grande échelle à la gravure des verres doublés mis en œuvre par le peintre-verrier, qui trouve aussi dans l'emploi de l'acide fluorhydrique, hier curiosité de cabinet, et que le chimiste, aujourd'hui, prépare en grande quantité, un auxiliaire puissant. On a pu remarquer surtout, dans l'exposition de M. Chance, des spécimens de ces verres gravés.

La science arrache à la nature tous ses secrets les uns après les autres; les pierres précieuses que le lapidaire travaille sont-elles rares, le verrier trouve avec ses fourneaux, avec quelques grammes de sable, de nitre et d'oxyde de plomb, le moyen d'imiter le diamant; il le colore à sa guise, en jaune, en vert, en violet, en bleu, et de ses doigts s'échappent, avec leur limpidité, avec leurs mille reflets brillants, les topazes, les rubis, les saphirs, les émeraudes; il ajoute même l'aventurine, dont l'histoire est curieuse. Découverte vers le milieu du siècle dernier par un docteur A. Miotti, elle avait disparu par la mort de celui-ci. Vers 1826, M. Bigaglia fut l'un des premiers à retrouver ce secret perdu. Les échantillons d'un assez gros volume étaient exposés par les fabriques des verres et émaux de Venise et de Murano, par M. Zecchin, par M. Hautefeuille, de Paris, par M. Maës et Clémandot de Clichy. Les procédés de fabrication sont encore la propriété de ces industriels, qui conservent cachés les tours de main à l'aide desquels on sépare du cristal le cuivre cristallisé dans l'état particulier qui donne l'éclat à la masse vitreuse.

L'Autriche paraît être en possession du monopole de ces objets de verroterie, qu'elle établit à des prix excessivement modiques. Indépendamment des fabriques de Murano, elle compte d'habiles manufacturiers, à la tête desquels s'est placé M. Antoine Pazelt, à Turnau (Bohême); il occupe deux cents ouvriers à transformer le verre en imitation de ces pierres précieuses que l'Autriche produit en quantités immenses.

L'Exposition a mis sous les yeux de l'observateur, à des prix modiques, les plus belles pierres que la nature ait préparées par des procédés hier inconnus, aujourd'hui révélés par les ingénieux travaux d'Ebelmen.

Mais quittons la verrerie pour examiner les produits non moins variés que la céramique développe à nos yeux, et passons en revue successivement les terres cuites, les briques, les carreaux, la plastique, les faïences communes et fines, les grès communs et fins, enfin les porcelaines tendres et dures.

Céramique.

Les arts céramiques, source d'objets de première nécessité, sont cultivés presque partout; la plupart des nations ont donc envoyé des produits de cette industrie. L'Angleterre, avec sa colossale exportation d'environ 25 millions par an, a brillamment orné l'espace considérable qui lui était accordé. La France a développé sa fabrication céramique sur une échelle considérable; elle était dignement représentée par ses poteries communes, ses grès, ses porcelaines dures, ses cailloutages à l'instar de la fabrication anglaise. Le goût qui préside à la décoration fait des articles de Paris toute une source de profits qui suffit à peine à l'exportation.

L'Autriche a répondu à l'appel qu'on lui faisait par l'envoi des produits d'un grand nombre de fabriques particulières.

L'Espagne et le Portugal ont prouvé par des échantillons de poteries qu'ils cherchaient à s'affranchir du monopole étranger.

La Prusse étalait dans le transept plusieurs pièces importantes de porcelaine fabriquées par la manufacture royale de Berlin, et quelques fabricants particuliers avaient apporté les produits de leur fabrication courante. Les provinces rhénanes ont prouvé par la variété de leur produits qu'elles sont dans une voie constante de progrès et

d'améliorations, bien capables d'introduire bientôt, même dans les campagnes, des poteries plus saines, plus durables et mieux fabriquées que celles qu'on a mises jusqu'à ce jour à la portée du consommateur nécessiteux.

La Belgique, qui achète en France les matières premières de ses porcelaines, trouve chez elle, dans les riches dépôts d'argile qu'elle renferme, les éléments nécessaires à la fabrication des faïences fines et des grès établie sur une grande échelle; elle se relie par les duchés du Luxembourg et les provinces rhénanes à notre fabrication française de Sarreguemines. Toute cette exposition est remarquablement variée : faïences communes et grossières à l'usage des divers consommateurs, grès fins et grossiers, porcelaines tendres à la façon anglaise, porcelaine dure dans le genre français, tous ces divers produits sont exposés à l'envi par Mettlach, Sarreguemines, Septfontaine, Vaudrevange et Kéramis, dirigé par M. de Jubécourt, ancien élève de l'Ecole centrale.

Les colonies anglaises présentent encore, comme à l'Exposition de Londres, des objets remarquables aussi sous le rapport du goût, imités par plusieurs industries avec le plus grand succès, produits originaux d'une industrie naissante.

La France et l'Angleterre, qui s'étaient déjà mesurées sur le terrain de Londres, se sont encore cette fois rencontrées, et l'une comme l'autre elles ont fait d'immenses efforts pour être représentées aussi brillamment que possible.

Les porcelaines tendres françaises fabriquées à Saint-Amans-les-Eaux, près Valenciennes, continuant les anciens succès du vieux Sèvres, luttent avantageusement, dans l'exposition de M. de Bettignies et dans celles de tous les décorateurs de Paris, avec les porcelaines tendres anglaises; et Sèvres, cet établissement modèle, digne du pouvoir qui le subventionne, reste toujours une gloire de la France. Ses productions, qui se répandent partout où le monde civilisé s'étend, sont reproduites à l'envi, non-seulement chez nous, mais même à l'étranger; et, sous le rapport du goût, c'est assurément les formes

imitées de Sèvres qui firent le succès de plusieurs exhibitions anglaises. Les essais que la munificence impériale lui permet de répéter chaque jour étendront le cercle de son action bienfaitrice, qui ne se bornera plus à la porcelaine seule, bien qu'elle soit la plus parfaite des poteries. La faïence et les terres cuites qu'elle expose serviront de modèles artistiques, comme ses émaux, ses vitraux, et ses porcelaines ont excité, dès l'origine de la porcelaine en France, l'émulation des fabriques particulières.

Les terres cuites appliquées à l'ornementation extérieure se développent de jour en jour. L'Autriche, la France sur plusieurs points de son territoire, l'Angleterre, la Belgique, se livrent à cette fabrication, qui doit fournir à des prix modérés des décorations durables. Le transept en contient des échantillons remarquables.

Nous mettrons au premier rang parmi les objets exposés ceux qui sortent des fabriques de MM. Villeroy et Boch. M. Virebent, de Toulouse, avait exposé, près de la grande porte d'entrée, un portique romain qui, pour la dureté, ne le cédait en rien à la pierre. M. Debay fait de bonnes sculptures bien cuites et d'un ton agréable; au même titre, nous avons remarqué les expositions de MM. Gossin et Garnaud, de Paris. M. Garnaud est un ancien élève de l'Ecole centrale des arts et manufactures. Nous citerions encore les produits de M. Miesbach, de Vienne, s'ils étaient suffisamment cuits. La même observation s'applique aux objets sortant de la fabrique de Wagram, qui se recommandent par un prix peu élevé. Comme décoration intérieure en terre cuite, MM. Follet père et fils méritent une mention toute spéciale à cause des pots à fleurs qu'ils fabriquent en quantité, avec une pâte très fine, et dans de bonnes données artistiques.

Quelques localités privilégiées de la nature présentent, avec les conditions d'une exploitation facile, d'excellentes argiles réfractaires. Dans ce nombre et peut-être en première ligne s'offre la Belgique, qui a placé dans un espace assez étendu des briques réfractaires, des creusets de verrerie, des cornues à distiller le zinc et la houille, etc.

La Belgique, tenant à montrer tout le parti qu'on peut tirer des excellentes terres que la nature à prodiguées dans son sol, ne comptait pas moins de neuf exposants.

La Société anonyme des terres plastiques et produits réfractaires d'Andennes (Belgique) avait exposé deux cornues à gaz de 2m.70 et 3m.85 de longueur, une brique pour étalage de haut-fourneau de 1m.15 de longueur, des creusets de plombagine, et des briques pour fours à puddler, au prix de 20 et 40 francs le mille. Ces produits remarquables de fabrication ne laissent rien à désirer. On en dit autant des cornues à gaz de MM. Van Aken, Rat, Keller et Boucher. Le Jury a soumis à l'essai les creusets de plombagine, de graphite et de terre réfractaire exposés par M. Coste, de Belgique, ainsi que ceux de MM. Manny, Payen, Laudot, Souchart et Ce, Deyeux; ces produits ont confirmé convenablement l'opinion qu'on s'en est faite; quelques-uns cependant auraient des débouchés plus grands s'ils n'étaient pas livrés à des prix trop élevés.

Les briques communes et réfractaires font actuellement l'objet de fabrications importantes. Tout le monde a pu remarquer dans le transept l'exposition de M. Miesbach, de Vienne. Il emploie cinq mille travailleurs et produit annuellement cent vingt-six millions de briques de grande dimension et bien fabriquées.

MM. Dumont et Courtois ont cherché le moyen de rendre les tuiles plus légères. Le mètre carré ne pèse que vingt-cinq kilogrammes.

Les briques creuses de M. Borie ont fixé l'attention du jury; elles sont aujourd'hui répandues dans les constructions; on en fait à Paris actuellement une consommation considérable.

Les poteries communes à vernis plombifère, d'un usage dangereux, tendent à disparaître. Les fabricants français principalement exposent, pour l'usage des classes laborieuses et malaisées, des poteries à couvertes terreuses salubres d'un prix très modéré. Nous citerons M. Galliot, à Courbeton, près de Montereau, qui introduit dans sa glaçure le phosphate de chaux des os pour remplacer le borax ou l'acide borique.

La faïence commune à base stannifère devient elle-même de plus en plus rare ; elle disparaît, avec les moyens de transport plus faciles, devant les cailloutages, dont les qualités s'améliorent et dont la valeur commerciale s'abaissera par le fait d'une sage concurrence.

Parmi les exposants de faïence à glaçure stannifère, nous citerons M. Masson, propriétaire à Paris d'une fabrique assez importante pour fournir à la consommation d'une grande partie de la capitale. Les produits sont bons, bien fabriqués; la glaçure qui cache la couleur de la pâte offre une très grande dureté.

La faïence commune conservera toutefois sa raison d'être dans l'établissement de certains produits d'art, et dans quelques applications spéciales comme carreaux de revêtement, panneaux décorés, poêles de chauffage.

A ces divers points de vue, les fabrications remarquables de M. Minton, en Angleterre; de M. Ristori, de Nevers; de M. le marquis de Ginori, de Doccia, près Florence; de M. Devers et de M^me^ veuve Pichenot, tous deux de Paris, fixent l'attention.

Les recherches de M. Pichenot ont attiré sur l'emploi des faïences pour poêle l'attention des fabricants. L'exposition de MM. Bodmer et Biber, de Zurich, contenait un poêle composé de plusieurs plaques de faïence parfaitement dressées et d'une très belle fabrication; MM. Dumas, Evrat, Rivière et Brocard, de Paris, avaient exposé des pièces dont le mérite était incontestable.

Les imitations de Bernard Palissy, en terre cuite ou même en porcelaine, exécutées en France et en Angleterre; celles de Lucca della Robbia et des Majolica, faites dans ces deux pays, prouvent, par la vogue avec laquelle on les accueille, que le sentiment artistique se propage dans les deux pays. Cependant nous voudrions trouver dans ces produits une certaine originalité. En se renfermant dans des imitations serviles, les imitateurs de Palissy nous semblent avoir fait fausse route; ils ont été conduits jusqu'à l'exagération d'un genre dans lequel il était bien difficile de rester simple et de bon goût.

Les cailloutages français ont été mis en présence des fabrications

similaires des autres nations; quant aux qualités, fabriqués généralement d'après les procédés anglais et partout avec des méthodes analogues, tous ces produits ont offert unegrande ressemblance; et, si, au moins pour les poteries qui s'adressent à des classes assez aisées, les cailloutages anglais paraissent plus estimés, c'est qu'il y a chez le consommateur soit préjugé, soit manque de connaissance.

En effet, les poteries à pâte fine et sonore, recouvertes d'une glaçure dure et brillante, créées en Angleterre, se sont présentées au Palais de l'Industrie avec tous les caractères d'une belle et bonne production. Très répandue dans le Royaume-Uni, cette fabrication compte actuellement plusieurs centres importants en France, en Prusse, en Belgique; elle commence à pénétrer en Italie comme en Espagne, mais elle est à son début dans ces derniers pays; elle n'y offre encore que des qualités inférieures qui la rapprochent beaucoup trop des poteries tendres, jaunâtres, rayables, qu'on fabriquait chez nous dans les vingt premières années de ce siècle. Fabriqués sur une très grande échelle, les cailloutages ont pu, malgré leur prix plus élevé que celui de la terre de pipe, lutter avec avantage contre cette dernière poterie, qui disparaîtra bientôt, et qui déjà ne s'adresse plus qu'aux consommateurs malaisés.

Le Staffordshire, Mettlach, Sarreguemines, Bordeaux, Creil et Montereau, Kéramis, ont exposé des produits soignés, réunissant un ensemble de qualités qui en font une poterie précieuse pour les usages domestiques. La dureté de la glaçure, la couleur de la pâte, la variété des formes, l'éclat de l'ornement, alors obtenus sous glaçure par une seule cuisson, au moyen des méthodes rapides de l'impression, font des cailloutages une poterie bien voisine des porcelaines dures, et permettront à ces produits d'occuper longtemps encore leur place sur la table des classes moyennes, servie exclusivement, il y a près d'un siècle, par la faïence commune à glaçure stannifère.

Les progrès qui ont marqué dans l'histoire de cette industrie remontent maintenant à des époques reculées; il n'existe plus actuellement aucun des hommes qui pourraient revendiquer à juste titre la

gloire d'avoir transformé, même amélioré, la fabrication des cailloutages. L'industrie française n'a fait que suivre l'industrie anglaise, à laquelle revient une si grande part dans les progrès réalisés en céramique depuis le commencement de ce siècle. La franchise de cet aveu permet de combattre ici le préjugé dont nous parlions tout à l'heure : on admet avec beaucoup trop de facilité la supériorité des cailloutages anglais sur les produits similaires du continent. L'examen le plus attentif ne fait cependant découvrir aucune infériorité dans les produits des autres manufactures de l'Europe, et, s'ils ne présentent pas encore la même variété dans les impressions, les cailloutages de France, de Prusse et de Belgique possèdent plus de légèreté; ils ne le cèdent en rien comme dureté du vernis ou brillant de la glaçure.

Les fabricants de faïence fine se sont préoccupés dernièrement de l'éventualité de l'entrée prochaine des cailloutages anglais sur les marchés français.

La levée de la prohibition, en ce qui concerne les arts céramiques, mérite un examen attentif et la plus grande prudence; elle deviendrait certainement préjudiciable à nos manufacturiers si les produits étrangers, et principalement les produits anglais, ne payaient aucun droit à l'entrée. Etablir ce droit d'une manière équitable n'est pas chose facile; le baser sur les produits d'une certaine valeur commerciale serait injuste; il n'est pas possible d'ailleurs de le calculer en ne tenant compte que des poteries de qualités inférieures; comme il faut admettre que la quantité de combustible consommé pour cuire une poterie de deuxième qualité se trouve être à peu près la même que celle nécessaire pour cuire la poterie de première qualité, et que ce combustible est de moindre valeur en Angleterre qu'en France, l'avantage du fabricant anglais sur le fabricant français deviendra d'autant plus considérable que la poterie sera d'une valeur commerciale plus petite.

Les porcelaines dures et tendres sont fabriquées sur une très grande échelle en France, en Angleterre et en Allemagne. En An-

gleterre, on fait très peu de porcelaine dure, seulement pour les instruments de chimie; en Allemagne, au contraire, on ne fait pas de porcelaine tendre, on ne fabrique que de la porcelaine dure. On donne ce nom à la porcelaine faite à l'instar de la porcelaine de Chine, avec du kaolin comme matière argileuse, et du feldspath comme matière fusible donnant au produit sa transparence translucide. En France, on fabrique simultanément toutes les porcelaines dures et tendres.

La manufacture de Saint-Amans dirigée par M. de Bettignies établit la porcelaine tendre qui fit autrefois la réputation du vieux Sèvres. On a pu voir, dans l'exposition de Sèvres, les pièces remarquables qui résultent de la reprise de cette fabrication, sous M. Regnault, directeur actuel de la manufacture impériale.

Les porcelaines tendres anglaises, à base de phosphate de chaux, dont on trouve le type dans la fabrication de tout le Royaume-Uni, sont aujourd'hui très répandues; les plus remarquables sont celles de M. Copeland, à Stoke; de MM. Kerr et Bins, à Worcester; de MM. Rose et Daniel, à Coak-Broke-Dale. Ces poteries présentent de nombreuses variétés qui satisfont aux exigences des classes riches ou aisées. On trouve évidemment dans l'exposition de M. Minton des échantillons d'une poterie dont la glaçure vitreuse et très fusible se rapproche de notre porcelaine tendre française, et qui joint au mérite d'une fabrication assez rapide celui d'une décoration très brillante. Quant à la porcelaine anglaise proprement dite, elle est reproduite souvent comme forme et comme dessins dans plusieurs des fabriques françaises, Creil et Montereau, Sarreguemines, Bordeaux.

La porcelaine dure représente en Allemagne et en France la véritable poterie de luxe, la poterie des classes aisées. Une bonne fabrication répond dans les deux pays aux besoins du consommateur, et permet, au profit de la France, une exportation considérable. La cuisson à la houille, qui ajoute aux bénéfices du fabricant, a conduit en Allemagne et conduira bientôt en France à une diminution des prix de vente que la concurrence abaisse tous les jours. Autrefois concentrée

dans le Limousin et dans Paris, cette fabrication s'éloigne du centre de l'exploitation des kaolins pour se rapprocher des gîtes de combustible minéral. La découverte de gisements importants de terres à porcelaine, la modification apportée aux anciens dosages, qui ne contenaient que peu de kaolins caillouteux en nature, tout concourt à donner une plus grande extension à cette industrie, qui se répand aujourd'hui dans plusieurs départements. Elle se développe à l'Exposition française sur une étendue considérable, et dénote chez plusieurs exposants la ferme intention de maintenir à l'étranger la supériorité que le bon goût leur a conquise depuis longtemps déjà.

Mais c'est Sèvres surtout qui représentait dignement l'industrie céramique française.

Les améliorations de tous les jours qui se développent à l'ombre de la science, dont le directeur actuel est l'un des plus illustres représentants, témoignent que son administration porte ses fruits.

La dimension inusitée des pièces, les formes nouvelles qui sont créées dans l'établissement, les couleurs de grand feu préparées dans des conditions toutes particulières, sont autant de titres à l'attention des observateurs. Sèvres a joint depuis deux ans à peine à sa fabrication ordinaire celle de la porcelaine tendre, celle des faïences, celle des terres cuites. A son début, elle livre à l'imitation une quantité considérable de nouveaux modèles.

Les essais faits depuis quelques années sur le cuivre émaillé ont conduit à l'émaillage sur or, sur platine, sur fer, et les dimensions des pièces exposées donnent une idée de la hardiesse de l'entreprise et du succès des opérations.

Une série considérable de pièces en blanc avec simple filet d'or met sous les yeux du public la fabrication courante, celle à laquelle les décorateurs de Paris demandent une grande partie de leurs pièces les plus légères. Et en regard de cette exposition véritablement commerciale, cette collection si riche et si variée de figurines, de coupes, de vases, etc., montre aux moins crédules les ressources que le Musée

céramique de Sèvres fournit journellement aux arts plastiques. Les emprunts qui lui sont faits à chaque instant démontrent l'utilité de cette création, qui suffirait seule à transmettre d'âge en âge le nom d'Alexandre Brongniart, son fondateur, s'il n'avait d'autres titres à la reconnaissance du pays.

Après ceux de la manufacture de Sèvres, on remarquait à l'Exposition les produits de la manufacture royale de Berlin. Parmi les objets d'art, nous devons signaler un grand vase fond blanc et or, avec une ronde d'enfants peinte sur la cerce; les anses, qui représentent des têtes, sont en porcelaine dorée. Nous avons distingué deux vases avec cartels de figure, d'après des tableaux de M. Kaulbach. L'exposition de Berlin brillait surtout par une belle collection de lithophanies en porcelaine remarquables par leur finesse d'exécution; plusieurs se recommandaient par le choix parfait des modèles.

La mention que nous faisons ici des manufactures qui précèdent ne peut nous dispenser de citer au moins les principales des fabriques de porcelaine de France ou de l'étranger. Les établissements privés, qui n'ont d'autres ressources que les capitaux engagés, et qui doivent procurer aux propriétaires des bénéfices supérieurs aux fonds d'amortissement, représentent bien plus l'industrie que les manufactures impériales ou royales, entièrement ou partiellement subventionnées par leurs gouvernements. Les sacrifices que ces dernières font à l'occasion des expositions rentrent dans la classe de ceux qu'ils s'imposent toute l'année. Les fabriques particulières ne peuvent au contraire préparer leurs expositions qu'avec des fonds prélevés sur les bénéfices : ces dépenses sont donc généralement assez limitées. Disons toutefois que les expositions, à cause même de ce fait, ne représentent pas toujours l'état réel de la fabrique; il est à regretter qu'on ne puisse pas improviser en quelque sorte ces grandes luttes seulement quelques jours d'avance; on aurait plus de sincérité dans le résultat du concours : car, il faut bien l'avouer, ce n'est pas au Palais de l'Industrie en 1855, mais bien dans les magasins et les

entrepôts, qu'on aurait pu se faire une idée exacte de l'état de la production correspondant à cette époque.

En tête des exposants qui ont fait le plus de dépenses pour leur exposition nous citerons, parmi les producteurs français, MM. Pouyat, de Limoges, et Gille, de Paris; parmi les étrangers, MM. Moritz Fischer, à Hérend, en Hongrie; M. Christian Fischer, à Pirkenhammer, en Bohême; M. Richard, à Milan.

Nous avons remarqué, parmi les fabricants français, les expositions de MM. Pillyvuyt, Dupuis et C°, de Mehun; Hache et Pépin Lehalleur, de Vierzon; Jouhanneaud et Dubois, de Limoges; Chabrol, de Limoges; Vieillard, de Bordeaux, etc.; qui sont déjà renommés par leurs produits courants. M. Gosse, de Bayeux, mérite une mention spéciale; il fabrique une sorte de porcelaine qui se distingue par la qualité précieuse d'aller au feu sans se casser. On l'utilise pour faire des vases culinaires et des ustensiles de chimie très estimés à Paris. Les pièces de forme et d'usages similaires exposées par la manufacture de Berlin jouissent d'une grande renommée.

Les expositions de MM. Haidinger et de Ginori ne peuvent être passées sous silence. MM. Haidinger sont des minéralogistes distingués: ils sont les premiers qui aient cuit avec succès, dans ces derniers temps, la porcelaine dure au moyen des combustibles fossiles. M. de Ginori a fait des sujets relief en biscuit coloré que les amateurs d'Italie estiment assez.

Ajoutons, et l'inspection que nous faisons, en terminant, de la salle des décorateurs sur porcelaine, nous donne occasion de le faire, que l'imitation dont Sèvres est la cause porte ses fruits : car c'est jusqu'à cet établissement qu'il faut remonter pour trouver les motifs de ces vases, de ces coupes, de ces carafes montées en bronze, que le décorateur parisien transporte avec tant de facilité partout où la civilisation européenne a pu pénétrer.

MM. Boyer et Lahoche, de Paris, se sont placés au premier rang. M. Haviland s'est fait à Limoges une spécialité pour la décoration

courante. MM. Dutertre frères, de Paris, ont exposé de la dorure brillante sans brunissage. Ils étaient les seuls à cette époque pour établir en France cette sorte de dorure, créée dès 1830, à Meïssen, par M. Kuhn, directeur de la manufacture royale. Cette méthode supprime le brunissage, en apportant une économie notable dans le prix de la dorure.

MM. Macé, Dodé, Ernie et Couderc, décorateurs à Paris, ont exposé des objets décorés par des procédés différents mécaniques, qui paraissent destinés à répandre l'usage des porcelaines d'une certaine richesse. Nous avons remarqué dans la décoration des poteries anglaises un lustre chatoyant d'un assez bel effet, et dont on ne trouve aucun exemple dans les autres fabrications. Ce lustre, appliqué sur les impressions sous couverte, sort de la manufacture de MM. Elsmore, Forster et Cᵉ, à Stoke-upon-Trent. La décoration de M. Pratt se distingue par la netteté de ses impressions polychromes.

Nous terminerons cet aperçu par quelques observations sur les exposants qui ont pour industrie spéciale la préparation des couleurs vitrifiables. Ces matières, si variées suivant la température à laquelle elles cuisent, si différentes suivant le genre d'excipient sur lequel on les applique, forment en Europe, principalement en France, en Allemagne et en Angleterre, une industrie séparée. Il n'y a que peu de fabricants de poterie ou de porcelaine qui préparent eux-mêmes les couleurs dont ils font usage; et, s'il en est en France aujourd'hui quelques-uns qui satisfassent à ces conditions, ce n'est que depuis fort peu de temps; ils s'adressent le plus souvent à des chimistes spéciaux qui fabriquent les diverses couleurs vitrifiables. Paris a possédé pendant longtemps le monopole de ces produits. Quoique les manufactures d'Allemagne, tout aussi bien que celle de Sèvres, puisent dans leurs propres ressources tous leurs moyens de décoration, c'est de Paris que sont parties pendant près d'un demi-siècle toutes les couleurs dont les porcelaines du commerce ont été décorées. L'Angleterre prend sa place aujourd'hui dans la production, surtout pour les

couleurs de fond, qu'elle livre à des prix très bas et qui suffisent à l'ornementation des porcelaines à bon marché.

On a remarqué dans l'Exposition les couleurs exposées par MM. Colville, de Paris; Pfeil, de Charlottenbourg, et Lacroix, ancien élève de la manufacture de Sèvres.

Je terminerai cette note en faisant remarquer que l'Exposition de la verrerie et de la céramique a mis en relief l'état florissant dans lequel se trouvent en France ces deux industries; et je dois insister sur ce point, que la Société compte parmi ses membres un grand nombre des hommes auxquels sont dus, ainsi que je l'ai fait ressortir, les progrès que le jury dut se plaire à récompenser.

Plusieurs croix de la Légion-d'Honneur, plusieurs grandes médailles, ont été la juste rémunération des travaux qui ont marqué dans la carrière de ceux de nos collègues que nous avons cités avec bonheur, en leur rendant justice.

Note sur l'Appareil à chute libre employé par MM. Decoudun et Ch. Laurent pour les sondages à de grandes profondeurs.

PAR

M. Ch. LAURENT.

Le système de sondage dont nous avons eu l'honneur de mettre sous les yeux de la Société différents modèles au cinquième commence à n'être déjà plus un procédé neuf, puisqu'il y a six ans que nous en avons publié la première idée. Plusieurs années se sont écoulées avant que des travaux assez importants nous permissent d'expérimenter en grand et d'une manière convenable ce nouvel appareil.

Aujourd'hui, en raison des travaux qui se sont accomplis ou s'accomplissent actuellement avec son secours, et des perfectionnements qu'il a déjà subis, nous croyons intéressant de le décrire, afin de le soumettre à la discussion ou même à la critique.

Nous n'avons pas voulu parler plus tôt des résultats que nous en avons obtenus et obtenons, parce que nous redoutons toujours cette réputation anticipée que la mode octroie quelquefois trop facilement à un appareil nouveau, pourvu qu'il promette tant bien que mal la solution d'un problème; convaincus qu'en fait de sondage, l'expérience seule répond à tout, et que la théorie n'est encore souvent qu'un rêve, ne trouvant à s'établir que sur des bases aussi incertaines que variables.

Nous ne voulons certes pas dire que le flambeau de la théorie

soit à dédaigner ; mais sur le sujet qui nous occupe il peut éblouir, et, comme l'ignorance, entraîner dans le domaine des projets les plus fantastiques et quelquefois les plus inexécutables.

Les nouveaux procédés sont toujours très difficiles à introduire; quelque supérieurs qu'ils soient par leur simplicité ou leur précision, ils ont à lutter contre la routine des ouvriers appelés à les mettre en œuvre, qui, les comprenant difficilement, sont toujours disposés à les rejeter.

De là résulte que l'industriel qui lutte seul et avec ses propres ressources est souvent trop prudent, trop timide même, lorsqu'il s'agit d'expérimenter un appareil nouveau. Cette crainte lui constitue quelquefois une infériorité apparente sur celui qui, disposant d'une bourse d'autrui ouverte et bien garnie, a toute facilité pour faire des essais dont il profite s'ils sont bons, et dont il n'est pas victime s'ils ne répondent pas aux espérances qu'il avait fondées sur eux.

On a quelquefois mal apprécié, nous le croyons, l'esprit de prudence qui fait chercher, avant d'entreprendre une chose nouvelle, l'analyse complète des faits qui peuvent se rencontrer, leur nature et la force des obstacles qu'il faudra surmonter.

C'est ainsi que beaucoup de nouvelles méthodes ont surgi et surgissent chaque jour. Séduisantes en théorie, elles s'érigeaient au début en principes universels; puis, plus tard, après quelques heureux commencements suivis pour la plupart de déception, elles ont croulé ou n'ont pu se généraliser, bien que pourtant chacune d'elles contînt réellement quelques bons éléments.

Ces méthodes ont eu le plus souvent le tort de se baser sur une homogénéité de terrain qui n'existe pas, ou est très rare, tandis que le cas contraire domine et oblige de modifier instruments et système de les mettre en œuvre, puisque la nature ne peut changer. Quelquefois tout reposait sur le concours de l'eau, élément très variable dans ses allures à travers l'écorce terrestre. Des aimants ont été proposés soit pour opérer des chutes libres d'instruments percuteurs à de grandes profondeurs, soit même comme extirpateurs de fragments

d'outils brisés; nous n'avons pas connaissance de succès constants obtenus sur ces principes.

Plusieurs de ces inventions ont eu des succès académiques; poser, à leur apparition, un doute sur leur valeur ou leur efficacité, était s'exposer à tous les sarcasmes que l'on jette avec raison à ceux qui s'abandonnent à la routine.

L'époque actuelle est réellement celle des sondages; l'industrie privée les entreprend plus grandement, quoique dans une sage mesure. Limitant moins les entrepreneurs, les instruments et les moyens de les activer se sont perfectionnés, les résultats obtenus ont été assez importants depuis quelques années pour qu'il nous ait semblé qu'il y aurait quelque intérêt à décrire quelques-uns des nouveaux outils employés.

TRÉPAN AVEC COULISSE OPÉRANT EN CHUTE LIBRE.

La première idée de cet instrument consistait en un trépan, long de 6 à 7 mètres (du poids de 4 à 500 kilogrammes, pl. 64, fig. 1 et 2).

Il était formé à la partie inférieure AA' d'une lame très forte percée ou divisée en deux, et dans l'axe de laquelle devait passer et glisser librement l'extrémité d'une tige BB', se prolongeant dans toute la longueur de l'outil.

Le poids de cette tige devait être de 80 kilogrammes environ; elle était cylindrique à ses deux extrémités sur une longueur d'un mètre, et se trouvait renfermée entre les deux branches C, C, C', qui se réunissaient au sommet DD' d'une manière invariable. Cette tige, glissant librement dans le corps de l'outil, portait à son extrémité supérieure un renflement en forme de coin EE' dont la partie large se trouvait en haut. Etant indépendante lorsque le trépan est soulevé, cette tige, en vertu de la force d'inertie que lui donne son poids, reste en place, et nous verrons que c'est par cet effet que nous obte-

tions le point de résistance qui nous est nécessaire pour opérer le décliquetage et par suite obtenir la chute libre du trépan.

Ceci étant bien entendu, que l'on s'imagine une coulisse située à la partie inférieure des tiges de sonde et formée de deux joues FF'F'', réunies entre elles par deux moises *gg'*, *hh'*, percées l'une et l'autre d'un trou dans lequel glisse librement la partie cylindrique de la tige centrale. La moise supérieure *gg'* porte de chaque côté un cliquet à charnière terminée par deux branches assez longues, semblables au déclic de certaines sonnettes à enfoncer les pilotis. La moise inférieure *hh'* sert de guide et porte deux ressorts qui tendent à tenir les deux cliquets écartés.

Maintenant, si on dente les deux branches du trépan dans la partie parcourue par la coulisse, de manière à permettre aux cliquets de s'engrener dans cette denture, on aura une idée complète de l'outil.

Pour la manœuvre, laissant descendre les tiges de la quantité dont on veut soulever le trépan, la coulisse, avec ses cliquets, descend un nombre de dents équivalent à la longueur de la course que l'on a donnée à la sonde, et s'engage de telle façon que le trépan puisse être enlevé.

Lorsque la sonde sera soulevée, le trépan suivra jusqu'au moment où les branches des cliquets, rencontrant le coin qui termine la tige centrale, seront forcés de se resserrer, et, par suite, les dents abandonnant le trépan, celui-ci retombera en chute parfaitement libre.

Il est bien entendu que tout ce système, dans un terrain éboulant, peut être enveloppé de tôle, surtout dans les parties où les détritus pourraient paralyser le jeu de l'instrument ; que le trépan doit être à oreilles (fig. 9 et 10), de manière à équarrir les aspérités qui auraient pu échapper à la lame.

Nous sommes bien convaincu que le petit témoin laissé sous la tige centrale serait complétement écrasé ou brisé par la légère trépidation que chaque effort, opéré pour le décliquetage, transmettrait

à la tige, qui, d'ailleurs, est aciérée, dentée, et a un mouvement de rotation avec le trépan.

Dans le cas où le sondage se ferait avec un découpeur circulaire, il n'y aurait plus aucune crainte à ce sujet : la tige pivoterait sur le témoin.

Le poids mort pourrait aussi, dans les sondages à grand diamètre, se transformer en une soupape enlevant les détritus à mesure qu'ils se formeraient.

Dans un second appareil construit sur le même principe (fig. 3, 4 et 5), la tige BB'B, formant le poids mort qui opère le déclinquetage, au lieu d'être placée au centre de l'instrument, a été mise sur le côté, sans provoquer, par cette position en dehors de l'axe, le plus léger inconvénient. La coulisse CC' (fig. 3, 4 et 5) se visse sur une maîtresse tige D (fig. 5) qui surmonte le trépan T, et forme tout le poids actif employé à la percussion.

Pour la descente dans le forage, il est bon d'embrayer la coulisse au moyen d'un taquet de sûreté placé en *jj'* sur la tige du poids mort, et que l'on introduit par la mortaise *i'i''*, derrière une des branches des cliquets, pour les empêcher de s'ouvrir et de lâcher le trépan; sans cela, un arrêt, une butée quelconque dans le sondage, venant momentanément retenir l'instrument, il résulterait, au moment où l'obstacle cesserait, une chute dans le vide, qui pourrait produire un choc désastreux sur les sondes, et provoquerait fréquemment des bris et la chute de tout le système au fond du forage.

Lorsque l'instrument arrive à fond, la tige du poids mort, précédant le trépan, reste immobile, tandis que celui-ci, continuant sa marche, force le taquet de se dégager d'entre les branches des cliquets ou pinces, et à prendre, en vertu de sa forme et de la tension opérée par un petit ressort en caoutchouc, la position dans laquelle nous l'avons figuré, ce qui rend toute liberté au jeu du système.

La partie supérieure de la sonde qui surmonte la coulisse peut être, suivant le diamètre du sondage et la nature du terrain, en fer plein ou creux, en bois ou en toute autre matière, et de la grosseur

la plus convenable; mais, quelle qu'elle soit, pouvant toujours être totalement équilibrée, et ne jouant plus qu'un rôle analogue à celui des tringles de pompe, qui n'opèrent que par traction, elle n'a plus à redouter, comme dans la sonde ordinaire, les effets si désastreux de la trépidation sur la qualité du fer, cause de bris fréquents; ne provoque plus le renvoi de l'eau sur les parois du sondage ni les excavations des parties les plus tendres, par suite du fouet des tiges sur les terrains, et ménage également les colonnes de retenue.

Un des plus grands avantages de ce système est de pouvoir faire emploi de tiges solides en fer permettant toujours les efforts puissants que nécessitent souvent les accidents imprévus et certaines manœuvres de tubage et de détubage, etc., etc.

La mise en marche de la sonde est simple : un balancier supporte d'un côté les tiges, de l'autre un poids équilibrant. Une bielle, mue par un plateau-manivelle ayant plusieurs courses, communique le mouvement au balancier.

La disposition du poids équilibrant peut varier à l'infini : un second levier, placé sous le sol, peut se conjuguer avec lui dans le cas où la masse du contrepoids devient très forte. Si le sondage est activé par une machine, on peut envoyer la vapeur se détendre dans un cylindre disposé *ad hoc*.

Le sondage de la Motte-Saint-Jean, près Digoin (Saône-et-Loire), a été conduit, dans les grès bigarrés du bassin du Creusot, jusqu'à 300 mètres avec la sonde ordinaire, et de 300 à 356 mètres avec l'appareil à chute libre, dans un terrain d'une dureté moyenne, dont nous avons présenté le dernier échantillon dans la séance du 20 mars dernier.

Ce sondage, tubé seulement pour les 44 premiers mètres, n'a coûté que 48,000 francs; on a mis deux années pour l'exécuter. Lors de son arrêt, l'avancement était aussi facile et rapide qu'à 50 mètres, et rien ne fait supposer qu'il eût dû se ralentir beaucoup, si ce n'est par le temps nécessaire au relèvement d'une sonde plus lon-

gué. Ce prix comprend tous les frais qui se rattachent à l'opération, tels que transports, voyages du personnel et du matériel, construction d'une chèvre et d'une baraque, pose d'une machine à vapeur avec son fourneau, creusement d'un puits d'alimentation, paye du personnel, réparation et entretien du matériel, etc., etc.

Le sondage de Saint-Léger-des-Vignes, près Decize (Nièvre), commencé le 21 janvier de l'année dernière, et exécuté tout entier à la chute libre, à travers les marnes irisées et les grès bigarrés, malgré un arrêt de deux mois employés aux forges d'Imphy pour la construction d'une colonne de retenue de 350 mètres et d'éboulements continuels, est arrivé aujourd'hui (20 mars 1857) à une profondeur de 385 mètres, avec une dépense de moins de 40,000 fr., en y comprenant, comme pour le sondage de Digoin, tous les frais quelconques, et même le prix total d'un tubage important (1).

Nous avons choisi ces sondages comme exemple, parce que les chiffres que nous donnons peuvent être directement contrôlés par des membres mêmes de la Société, qui y ont été ou y sont actuellement intéressés.

Comme diamètre, ces sondages, commencés sur les bases indiquées pour des profondeurs maximum de 300 mètres, ont dépassé ce chiffre en conservant un diamètre convenable pour obtenir des échantillons en colonne de $0^m.60$ à $0^m.80$ de longueur sur $0^m.15$ à $0^m.16$ de diamètre, dimensions fort suffisantes pour bien apprécier la nature des terrains rencontrés.

Au diamètre de $0,^m16$ comme dimension du forage s'arrêtent tous les avantages que l'on peut recueillir de la coulisse à chute libre, sa construction au diamètre de $0^m.12$, qui suivrait, devenant trop délicate pour que l'on puisse obtenir une solidité convenable des pièces qui la composent ; il devient donc nécessaire de commencer un son-

(1) Au 16 mai suivant, ce sondage avait atteint la profondeur de $416^m,20$; des doutes s'étant élevés sur la nature des terrains rencontrés, le travail fut suspendu jusqu'à nouvel ordre.

dage sur des dimensions suffisantes pour qu'en fin de travail on ait encore un diamètre assez grand pour son emploi.

Cette condition est facile à observer pour une profondeur déterminée à l'avance et des terrains connus. L'erreur presque constante des explorateurs à ce sujet jette cependant presque toujours en fin de travail le sondeur dans d'assez grands embarras. La profondeur annoncée au début se trouvant presque toujours dépassée du quart à la moitié en sus, il en résulte que les machines deviennent souvent insuffisantes et que l'on ne peut plus marcher qu'à l'aide d'expédients qui retardent et entravent constamment le travail. C'est ainsi qu'un de nos sondages, entrepris pour une profondeur de 250 mètres, après avoir atteint ce chiffre dans d'excellentes conditions a, par des traités successifs, été prolongé de 250 à 300, de 300 à 350, de 350 à 400, de 400 à 450, et enfin de 450 à 500, mais avec une colonne de 0.^{m}12 qui ne laisse plus qu'un faible avenir aux travaux de recherches dans un terrain inconnu.

Nous insistons sur ce fait, pour bien faire comprendre qu'on ne doit juger de l'importance d'un sondage au point de vue de l'art qu'en étant suffisamment édifié sur l'historique du travail et toute la différence qui existe entre un forage conduit à une profondeur déterminée à l'avance dans des terrains connus et un sondage pratiqué sur les bases éventuelles des probabilités.

APPAREIL POUR L'EXTRACTION EN COLONNES D'ÉCHANTILLONS DES TERRAINS EXPLORÉS.

Cet instrument se compose de deux outils distincts, l'un destiné à découper les terrains suivant un cylindre d'une certaine hauteur, l'autre disposé pour casser ce cylindre le plus près possible de sa base et l'enlever au sol.

La fig. 6 représente le découpeur produisant le témoin cylindrique. Il se compose d'une tête A terminée par quatre branches verticales en croix B, B, B, B, dont les quatre extrémités, percées d'un

trou de 0m.02 reçoivent les tenons D, D, D, D, de quatre ciseaux C, C, C, C. Les quatre branches, réunies à leurs ciseaux à tenons, sont solidement assujetties dans l'espace laissé par deux tuyaux concentriques, en tôle forte, au moyen des rivets *t*, *t*, *t*, *t*.

Cet instrument agit par la percussion, et, dans le cas d'une coulisse à chute libre, la tige du poids mort opérant le décliquetage descend entre les deux tubes et l'espace laissé entre deux des branches.

Le témoin étant formé, on descend l'emporte-pièce (fig. 7 et 8) pour le casser et le monter au sol; il se compose d'un tuyau *ttt*, réuni à un enfourchement ABBB, dont l'une des branches reçoit, au moyen de boulons *e*, *e*, une bande *cc*, de même longueur qu'elle; cette bande est élastique et se rendrait adhérente à la branche B si rien ne s'y opposait, ce qui veut dire que le corps introduit entre la branche et la bande est étreint aussi fortement qu'on le veut, au moyen du serrage des deux petits boulons *e*, *e*; la branche est munie de trois goujons *h*, *h*, *h*, rivés au tuyau; la lame porte trois trous destinés à recevoir les extrémités de ces goujons, qui se trouvent ainsi placés dans la rainure KK d'un coin DD, lequel, s'introduisant entre la branche et la bande, oblige la première, liée au tuyau, à faire effort sur la carotte pour la rompre. Pendant ce temps, deux ressorts RR'R fixés sur les parois extérieures du tuyau, perpendiculairement à l'action du coin D, tiennent leurs mentonnets R, R' en contact avec le témoin, mais généralement au-dessous du point de rupture; il en résulte qu'en remontant l'emporte-pièce, le témoin se trouve assis sur les deux mentonnets R, R', comme cela se voit dans la figure.

L'emporte-pièce est descendu dans le sondage, comme il est indiqué fig. 7 et 8, c'est-à-dire le coin placé aussi bas que le permet sa coulisse. Au moment où l'instrument arrive à 10 ou 15 centimètres du fond de l'espace annulaire creusé par le découpeur, on laisse tomber toute la sonde; le choc fait alors rentrer le coin entre les deux branches, qui s'ouvrent et déterminent une épaisseur plus forte que celle de l'espace évidé par les lames du découpeur. Ne

pouvant se loger dans cet espace trop étroit, il en résulte une pression qui provoque le bris de l'échantillon, et celui-ci se trouve enserré dans l'instrument au moyen des ressorts et même de la boue qui l'entoure assez généralement.

Pour remonter cet échantillon du terrain foré au sol, dans la position exacte qu'il occupait au fond du trou, de manière à reconnaître le pendage des couches, il suffit, le choc donné, de remonter la sonde dans une position constante par rapport à un fil à plomb placé dans la chèvre, ce qui s'obtient au moyen d'alidades ou aiguilles placées successivement sur la tige sortie du trou et sur celle qui en sort, de telle sorte que la pointe des aiguilles occupe toujours la direction donnée par ce fil à plomb jusqu'à ce que l'instrument lui-même soit sorti du sondage ; si la chèvre est orientée, on comprend qu'il sera facile de déterminer de suite la direction du pendage des couches indiquées par le témoin ainsi extrait.

SYSTÈME A CORDE.

Réunion d'une ligne de sonde rigide à une ligne flexible (sonde creuse et corde), PL *fig.* 11 *et* 12.

Ce système, essayé il y a dix ou douze ans par M. Degousée, a donné de bons résultats, qui n'ont été entravés que par un vice de construction qui s'opposait à la jonction et à la disjonction facile et prompte du trépan avec la corde, suivant qu'il s'agissait, la sonde étant descendue, de joindre le trépan à la corde, ou de le disjoindre lorsqu'il fallait la remonter.

Le but est de réunir tous les avantages du système si préconisé des Chinois à ceux de la sonde ordinaire, c'est-à-dire une percus-

sion vigoureuse à une grande profondeur comme dans le voisinage du sol, et en même temps un moyen de torsion efficace dans bien des circonstances, le tout en évitant le fouet des tiges ou des cordes sur les parois du sondage, et par là obvier à tous les ennuis inhérents à cet inconvénient en conservant les moyens de dégager un outil enserré au fond ou de régulariser quelques inégalités survenues pendant le forage d'une roche hétérogène.

Pour la manœuvre, on descend la sonde creuse AA′ munie de l'outil percuteur BB, surmonté d'une pince à ressorts CC, qui reste ouverte. Lorsque l'outil est arrivé à fond, la sonde, après avoir été descendue jusqu'à ce qu'elle repose sur l'embase D, aura été remontée de toute la quantité voulue pour que toute la longueur de la partie carrée E, qui forme la partie inférieure de la coulisse en F, que nous supposerons être de 3 mètres, ait été parcourue, et que, par suite, les pinces se trouvent dans la position indiquée fig. 12, où le ressort des deux branches et la partie élargie de la sonde creuse lui permettent de rester.

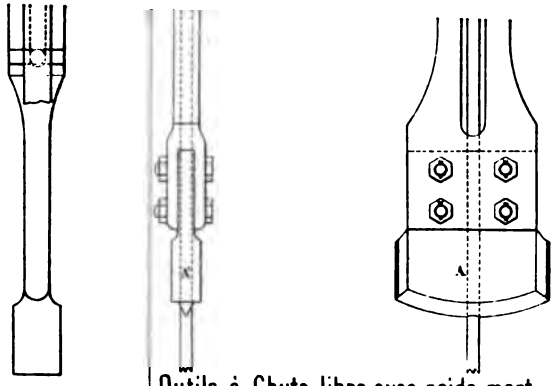
Alors on descend la corde, munie à sa partie inférieure d'une tige G renflée de telle façon que chaque renflement vienne occuper les vides laissés par d'autres renflements disposés *ad hoc* sur les pinces; en H, cette tige est munie d'un anneau tournant, pour éviter la torsion du cable. Si, lorsque la partie I de cette tige est arrivée en B, on laisse descendre la sonde de 1 mètre, longueur de la pince, il arrivera que les deux branches, forcées de se resserrer dans la partie conique K, pour rentrer dans la partie rétrécie A′ qui la surmonte, l'emprisonneront, comme on le voit fig. 11, et il restera 2 mètres de coulisse pour la chute que l'on voudra imprimer à l'outil, déduction faite de l'allongement que pourra subir la corde.

Le trépan se trouvant ainsi joint à la corde, on manœuvrera par tous les moyens employés en sondage pour élever une masse et la laisser retomber avec la vitesse voulue par les circonstances. La sonde creuse sera maintenue au sol par un chariot à galets coniques,

de manière à obéir aux mouvements circulaires que l'on voudra lui imprimer.

Lorsque le battage sera terminé par une manœuvre contraire à celle qui a été exécutée pour joindre la corde au trépan, on la disjoindra. Il suffit toujours, pour se dégager, de ramener les pinces dans la partie élargie de la sonde creuse.

Le tout étant remonté, si on veut opérer le nettoyage du trou de sonde, on attachera une soupape à la corde, ainsi que cela se fait habituellement dans les sondages d'une certaine profondeur.



Outils à Chute libre avec poids mort
au milieu du Trépan

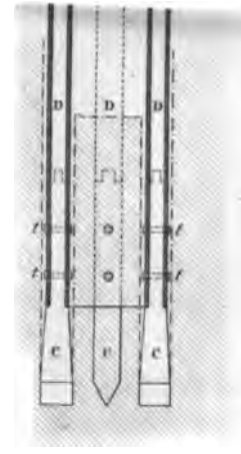
... ouvré, 36, r. Mazagran, Paris.

Gravé sur zinc par L. Guiguet.

de manière à obéir aux mouvements circulaires que l'on voudra lui imprimer.

Lorsque le battage sera terminé par une manœuvre contraire à celle qui a été exécutée pour joindre la corde au trépan, on la disjoindra. Il suffit toujours, pour se dégager, de ramener les pinces dans la partie élargie de la sonde creuse.

Le tout étant remonté, si on veut opérer le nettoyage du trou de sonde, on attachera une soupape à la corde, ainsi que cela se fait habituellement dans les sondages d'une certaine profondeur.


D
D
D
f
f
f
f
C
C

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Avril, Mai et Juin 1857)

N° 37

Pendant ce trimestre on a traité les questions suivantes :

1° Nouveau système de matériel roulant pour les chemins de fer, par M. Ed. Roy (Voir le résumé des séances, p. 105 et 179);

2° Compte rendu de la publication du *Portefeuille John Cockerill*, par M. Nozo (Voir le résumé des séances, p. 105 à 114);

3° Compte rendu d'un article de M. Sirodot sur l'*Assainissement de Paris*, par M. Trélat (Voir le résumé des séances, p. 114 à 116);

4° Analyse de l'ouvrage de M. Boutigny (d'Évreux) sur les *Corps à l'état sphéroïdal*, par M. de Mastaing (Voir le résumé des séances, p. 117 à 120);

5° Fabrication de la fonte à l'anthracite dans le pays de Galles, par M. Mercier de Buessard (Voir le résumé des séances, p. 125);

6° Analyse du N° de Janvier et Février des *Annales des ponts et chaussées*, par M. de Pury : — Emploi des matériaux destinés à l'entretien des chaussées en empierrement ; — Description des égouts de Turin ; — Alimentation des canaux à point de partage (Voir le résumé des séances, p. 130) ;

7° Analyse des *Nouvelles Annales de la construction de M. Oppermann*, par M. de Pury (Voir le résumé des séances, p. 132) ;

8° Fabrication des rails, par M. Curtel (Voir le résumé des séances, p. 133) ;

9° Altération du bois dans les fondations (Voir le résumé des séances, p. 141) ;

10° Chemin de fer en pays de montagnes en Amérique (Voir le résumé des séances, p. 146) ;

11° Analyse du *Portefeuille économique des machines de M. Oppermann*, par M. E. Barrault (Voir le résumé des séances, p. 149) ;

12° Percement de l'isthme de Suez, Note de MM. E. Flachat et L. Molinos (Voir le résumé des séances, p. 153 à 178) ;

13° Rendement des nodules de phosphate de chaux (Voir le résumé des séances, p. 178) ;

14° Réparation du pont suspendu de Châtillon-sur-Loire, par M. Yvert (Voir le résumé des séances, p. 179) ;

15° Machine à peigner les chanvre, lin, laine et coton, de M. Josué Heilman (Voir le résumé des séances, p. 185) ;

16° Explosion fulminante d'une chaudière à vapeur à Lille (Voir le résumé des séances, p. 186) ;

17° Situation financière de la Société (Voir le résumé des séances, p. 187) ;

18° Rapport de la Commission chargée d'examiner les modifications aux Statuts (Voir le résumé des séances, p. 188).

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De la Société minérale de Saint-Etienne, son Bulletin d'octobre, novembre et décembre 1856 ;

2° De M. Colladon, membre de la Société, une Note sur les roues hydrauliques flottantes ;

3° Du journal *The Engineer*, les numéros des 20 et 27 mars ; 3, 10, 17 et 24 avril ; 1er, 8, 15, 22 et 29 mai, et 5 et 12 juin 1857 ;

4° De M. Oppermann, le numéro d'avril du *Portefeuille économique des Machines ;*

5° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de janvier et février ;

6° De la Société impériale et centrale d'agriculture, les derniers numéros de son Bulletin ;

7° De M. le comte Dubois, président de le Commission ministérielle de statistique des chemins de fer, un exemplaire du Rapport de cette Commission ;

8° De M. Forey, membre de la Société, une Note sur le pont en tôle construit sur le Cher pour le passage du chemin de fer de Commentry à Montluçon, et une autre Note sur la reconstruction de ce pont affouillé dans les inondations de mai 1856 ;

9° De M. Oppermann, le numéro d'avril et mai 1857 des *Nouvelles annales de la construction ;*

10° De la Société des Ingénieurs civils anglais, les résumés des séances des 17, 24 et 31 mars ; 7, 14, 21 et 28 avril, et 5 mai 1857 ;

11° De M. Thouvenot, membre de la Société, un exemplaire d'une Notice sur deux systèmes de changement de voie ;

12° Des *Annales des mines*, la 5e livraison de 1856 ;

13° De M. Mercier de Buessard, un exemplaire d'une Notice sur le bassin houiller de Graissessac;

14° De la Commission impériale de l'Exposition universelle, un exemplaire des Rapports du jury mixte international;

15° De la Société d'encouragement, les numéros de son Bulletin de mars et avril 1857;

16° Du Journal des Ingénieurs autrichiens, les numéros de novembre et décembre 1856 et janvier 1857;

17° De M. Roy, membre de la Société, une Note sur les locomotives montées avec coussinets à glissière;

18° De M. Ch. Laurent, membre de la Société, une Note sur l'appareil à chute libre employé pour les sondages à de grandes profondeurs;

19° De MM. Eugène Flachat et Léon Molinos, membres de la Société, une Note sur le rapport de la Commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez;

20° De M. Alexis Barrault, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur la Russie et ses chemins de fer, par M. Emile Barrault, et un exemplaire d'une Note sur le chemin de fer de Constantinople à Bassora, par MM. Emile et Alexis Barrault;

21° De M. H. Barnoult, architecte, un exemplaire d'une Note sur un système de navigation aérienne;

22° De M. Ebray, membre de la Société, une Note sur l'âge des calcaires à chailles des départements de la Nièvre, du Cher et de l'Yonne;

23° De M. César Daly, les numéros 9, 10, 11 et 12 de la *Revue d'architecture;*

24° De M. Yvert, membre de la Société, une Note sur la reconstruction du pont de Châtillon;

25° De la Société de Mulhouse, les numéros 138 et 139 de son Bulletin;

26° De la Société de l'Aube, le Bulletin des 1er et 2e trimestres 1857;

27° De M. Alcan, membre de la Société, un exemplaire de son Rapport sur la peigneuse mécanique de M. Josué Heilman;

28° De la Société des chemins de fer autrichiens, le Rapport de la deuxième assemblée générale;

29° De M. Benoist-Duportail, membre de la Société, une Note sur les robinets-vannes de M. Siéber, et une Note sur la partie mécanique du Bulletin de la Société d'encouragement;

30° De MM. Perdonnet et Polonceau, membres de la Société, la 3e livraison du *Nouveau Portefeuille de l'ingénieur*;

31° De M. Ferdinand Mathias, membre de la Société, un Mémoire sur l'explosion d'une machine à vapeur.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois de mai :

MM. Boudard (Arthur), présenté par MM. Callon, Faure et Peligot.

Ermel (Frédéric), présenté par MM. Callon, Thomas et Laurens.

Forey, présenté par MM. Flachat, Mony et Ivan Flachat.

Frichot (Philippe), présenté par MM. Callon, Mirecki et Mathias (Félix).

Pérignon, présenté par MM. Callon, Thomas et Laurens.

Poncet, présenté par MM. Faure, Tronquoy et Peligot.

Princet, présenté par MM. Vuigner, Nancy et Cornet.

Thouvenot, présenté par MM. Houel, Rhoné et La Salle.

Note sur la restauration du pont de Châtillon-sur-Loire

Par M. Léon YVERT.

Le pont de Châtillon, construit par MM. Séguin, est un pont suspendu composé de quatre travées. La première, sur la rive gauche, a 92^{m} d'ouverture; la seconde, 89^{m}; la troisième, 89^{m}, et la quatrième, 92^{m}; ce qui donne un débouché total de 362^{m} pour une longueur de pont de 380^{m} entre les deux culées.

La suspension repose sur cinq points d'appui : une culée sur la rive gauche, une grosse pile, une petite pile, puis une pile escargot, et enfin une culée sur la rive droite.

En amont, une digue, oblique au pont, fort solide, réunit la pile escargot à la rive gauche, de manière à retenir les eaux de la Loire en amont pour donner en tout temps un tirant d'eau suffisant aux bateaux qui, débouchant du canal latéral à la Loire à 700^{m} au-dessus du pont, traversent la Loire, passent entre la pile escargot et la culée rive droite, pour entrer à 200^{m} au-dessous du pont dans le canal de Briare.

Lors de la crue du mois de juin 1856, la Loire, passant par-dessus cette digue, est tombée en cascade par derrière et est venue battre en brèche la grosse pile du pont. Tous les enrochements ont été enlevés en amont et transportés par le remou en aval, le long de l'arrière-bac, où ils ont été retrouvés amoncelés. Des affouillements considérables ont eu lieu, et la pile s'est séparée en deux parties, de telle manière que la partie d'amont a glissé en remontant le cours de l'eau de 0^{m}.80 et le sommet de l'obélisque, à 19^{m} au-dessus de l'étiage,

s'est éloigné de 1m.20 de son aplomb, comme on le voit (pl. 65, fig. 3). Pas une lézarde ne s'est manifestée dans la maçonnerie, qui, quoique composée de petits matériaux, surtout dans l'obélisque, présentait une seule masse parfaitement solide.

Les cinq câbles sont restés sur cet obélisque, les verticales des deux côtés se sont inclinées, et le tablier de la travée de gauche s'est déplacé de 1m environ vers l'amont auprès de la pile avariée, et s'est abaissé en même temps. Le tablier de la travée de gauche a suivi à peu près le même mouvement.

Il s'agissait donc de remettre toute chose en place, le plus promptement possible, et sans cependant interrompre la circulation sur le pont, pour ne pas contrarier les habitudes des populations riveraines, et surtout le service du canal, qui se fait sur la digue quand les eaux sont basses, mais qui ne peut s'effectuer que par le pont quand les eaux sont hautes. Ce n'est qu'au mois d'août qu'on a pu bien constater l'avarie et l'état de la fondation pour préparer les projets de reconstruction.

On se mettait en besogne le 1er novembre, et, malgré la saison rigoureuse et les journées si courtes de l'hiver, la demi-pile avariée a été démolie, le béton de fondation a été enlevé; elle a été reconstruite en entier, les câbles remis à leur place; et le tout, convenablement réparé, était terminé le 1er février 1857, c'est-à-dire en trois mois.

Voici comment on s'y est pris pour opérer cette réédification.

En amont, presque sous le garde-corps, on a battu neuf forts pieux dans la travée de gauche et huit dans la travée de droite, adjacente à la grosse pile (pl. 65, fig. 1 et 2); à 5m en arrière de chacun de ces pieux on en a battu un second P′ (pl. 65, fig. 8). On a moisé ces deux pieux ensemble pour les relier fortement. Le moisage double a été fait suivant une inclinaison allant de l'aval à l'amont et calculée d'avance pour obtenir le jeu dont il va être parlé ci-après.

On a ensuite placé sous les pièces de pont une longrine générale D régnant dans toute la longueur des deux travées, un peu en dedans de

l'aplomb du garde-corps et fixée au plancher au moyen de boulons *m* passant dans le vide laissé tout le long du chasse-roues. Ces boulons viennent prendre appui sur des tasseaux transversaux *n*, reposant d'un bout sur le chasse-roues, et de l'autre sur la voie charretière, exhaussée à cet endroit par des cales.

On avait percé d'avance dans les longrines des trous de 0^{m}.04 à 0^{m}.05 de profondeur immédiatement au-dessus des pieux battus.

On avait préparé des chandelles E de 7^{m} de longueur, dont l'extrémité supérieure (pl. 65, fig. 9), légèrement arrondie, portait un goujon en bois *a* rapporté, et dont l'extrémité inférieure (pl. 65, fig. 10), aussi un peu arrondie, laissait passer un tenon *b* et était percée d'un trou *c* dans lequel passait un axe en fer muni de deux roulettes en bois *d d*.

Au moyen de cordages on enlevait de dessus le tablier du pont l'extrémité supérieure de cette chandelle, et l'on faisait entrer le goujon *a* dans le trou préparé à l'avance dans la longrine placée sous les pièces de pont, tandis que l'on faisait reposer son extrémité inférieure sur les trois moises A par l'intermédiaire des deux roulettes *d*, le tenon *b* entrant entre les moises pour maintenir le pied de cette chandelle.

Quand les chandelles de la travée de gauche et de la travée de droite furent en place, on lâcha les verticales des câbles d'amont, le tablier ne reposant plus que sur les câbles d'aval et sur les longrines soutenues par les dix-sept chandelles, les verticales restant toujours accrochées pour soutenir au besoin le plancher en cas d'accident.

On procéda alors au relevage du plancher en opérant sur dix chandelles à la fois, dont cinq dans la travée de gauche et cinq dans la travée de droite, et en commençant d'abord par celles qui étaient les plus rapprochées de la grosse pile et en s'éloignant successivement. On se servit pour cela de crics *h* prenant leur point d'appui sur les pieux d'aval P′, dont la tête s'élevait au-dessus des moises A, pour pousser ensemble les pieds de ces dix chandelles, de manière à les forcer à monter le plan incliné des moises en roulant dessus très faci-

lement au moyen des roulettes *d*. Quand les crics étaient au bout de leur course, au moyen de coins on calait le pied des chandelles, et l'on redonnait un nouveau point d'appui aux crics au moyen de poupées mobiles G (pl. 65, fig. 9 et 11), dont le tenon *k*, entrant entre les deux moises A, servait à les fixer au moyen de clefs en bois *f* fortement serrées.

En continuant à faire marcher le pied de la chandelle jusqu'au-dessus de la tête des pieux d'amont, on a forcé, par l'intermédiaire de la longrine D placée sous les pièces de pont, le tablier à se soulever, et, après s'être relevé un peu trop, à redescendre à sa hauteur normale, tout en reculant en aval pour reprendre horizontalement la direction dont il s'était écarté lors du mouvement de la moitié de la pile.

Quand le tablier fut revenu complétement à sa place, on mit des cales entre les pieds des chandelles et la tête des pieux d'ament, pour que toute la pression se reportât bien sur les pieux; au moyen de boulons on a fixé le pied des chandelles entre les moises A, puis on a placé une décharge B, boulonnée d'un bout à la tête de la chandelle et de l'autre sur les moises près du pieu d'aval. Comme les moises fléchissaient lors de la marche des chandelles, on a placé d'autres décharges C pour les soutenir.

Tout le tablier des deux travées adjacentes à la pile avariée reposait donc en aval sur les câbles passant sur l'obélisque X, qui n'avait pas bougé, et en amont sur les longrines portant sur les 17 chandelles, comme nous venons de le dire. De plus, pour éviter tout mouvement longitudinal, la circulation continuant sur le pont comme à l'ordinaire, on a placé des décharges à droite et à gauche de chaque chandelle pour diminuer les portées des longrines placées sous les pièces de pont (pl. 65, fig. 1).

Tout étant ainsi disposé, on a élevé autour de l'obélisque dévié un échafaudage pareil à celui qui sert pour monter les matériaux dans la construction des maisons de Paris; il se composait (pl. 65, fig. 5, 6 et 7) de quatre forts poteaux verticaux *l* de 20^{m} de hauteur, dont

le pied s'appuyait sur le béton dérasé au niveau de l'étiage, et dont la tête dépassait la hauteur normale du point de passage des câbles sur les obélisques. Il enfermait dans son pourtour l'espace occupé par l'obélisque avarié Y′ et celui qui serait occupé par l'obélisque reconstruit Y.

Le haut de cet échafaudage portait des pièces perpendiculaires à la direction du pont disposées de manière à former une espèce de courbe (pl. 65, fig. 7).

On put alors détacher un des câbles de la travée de gauche et un de ceux de la travée de droite. On les fit se croiser par-dessus cet échafaudage dans leur position verticale normale, et en les reliant ensemble au moyen de mordaches, de goujons et de ligatures *p*, de manière à les rendre parfaitement solidaires. On rallongea au moyen d'auxiliaires *r* les verticales dépendant de ces deux câbles, et on les remit sur les pièces de pont correspondantes. On enleva ensuite les trois autres câbles de la travée de droite et de la travée de gauche, on les fit tous passer par-dessus l'échafaudage, auquel on les rattacha. Leurs verticales furent replacées sur les pièces de pont, comme celles des deux autres câbles.

Ce grand échafaudage était maintenu dans le sens longitudinal du pont par deux haubans *s* venant se fixer au plancher, et dans le sens transversal par quatre étais *t* s'appuyant sur l'obélisque resté intact, en même temps que quatre haubans *v* accrochés à l'échafaudage et à l'obélisque venaient assurer un appui constant de ces étais sur l'obélisque.

Toutes ces dispositions étaient prises d'abord pour pouvoir soutenir le tablier sous l'obélisque, et ensuite retirer l'échafaudage inférieur dans le cas où une crue viendrait se manifester pendant le travail, auquel cas un bateau passant dessus la digue d'amont aurait pu venir briser plusieurs chandelles. On voit que, par les dispositions prises au moyen de l'échafaudage de la pile et de la suspension en partie rétablie, on pouvait, pendant une crue, de dessus le tablier, séparer les chandelles du tablier et laisser ce dernier tout à fait indé-

pendant de l'échafaudage inférieur, tout en restant suspendu sur deux câbles qui auraient été certainement suffisants, parce qu'alors on aurait interrompu sur le pont toute circulation de voiture, que l'échafaudage inférieur était destiné à assurer, la suspension supérieure provisoire n'étant là que pour soutenir le tablier en cas d'accident dans l'échafaudage inférieur.

Toutes ces dispositions étant convenablement prises, on a commencé à démolir l'obélisque par le sommet, en descendant jusqu'au béton.

Pendant ce travail, on avait battu 52 pieux de $0^m.25$ de diamètre et de 8 à 9^m de hauteur, chevauchés ensemble et espacés les uns des autres de $0^m.30$ à $0^m.40$ (pl. 65, fig. 4); le fond étant à 3^m sous l'étiage, les pieux sont enfoncés de 4^m dans le sol. Ils dépassaient de 1^m au-dessus de l'étiage, et comme on a dragué dans leur intérieur jusqu'à $5^m.50$ au-dessous de l'étiage, ils ont encore $1^m.50$ à 2^m de fiche dans le sable. On les a bien garnis d'enrochements entre eux et à leur extérieur. On a ensuite coulé un fort volume de béton très bien fait, bien pilonné, de manière à le faire entrer entre les pieux pour relier les enrochements jetés entre ces pieux et même une partie de l'enrochement de l'extérieur. Puis le massif de béton étant bien assis et bien compacte jusqu'à $0^m.10$ au-dessus de l'étiage, on a posé le socle et remonté la maçonnerie, sans la relier avec celle qui est restée debout, si ce n'est par les parements.

La pile était creuse depuis le couronnement des piles jusqu'au niveau du plancher; on l'a refaite complétement pleine, et l'on a eu le soin, au niveau du plancher, de placer cinq forts boulons traversant la pile dans toute la longueur, retenus sur les faces amont et aval au moyen de rondelles en fonte.

Quand l'obélisque a été complétement rétabli, on a remis les câbles dessus, l'on a rétabli la suspension, et l'on a enlevé tous les échafaudages. Le tout était terminé le 1er février, sans qu'il fût arrivé le moindre accident ni aux hommes ni aux échafaudages employés.

Note sur le pont en tôle construit en 1855 sur le Cher pour le passage du chemin de fer de Commentry à Montluçon, et sur le rétablissement de ce pont, affaissé dans les inondations de 1856.

PAR

M. POREY, ingénieur.

Le 2 juin 1855, le pont en bois établi sur le Cher, à la traversée du chemin de fer de Commentry à Montluçon, fut emporté, et il fut remplacé par un pont en tôle avec piles et culées en maçonnerie.

Ce pont est situé au bas d'un plan incliné, sur lequel il peut arriver que des wagons soient abandonnés entièrement à l'action de la gravité par suite de la rupture d'un câble. Si un tel accident avait lieu, les wagons viendraient se briser sur le pont même, contre d'autres wagons qui y stationnent constamment. Ceci a obligé de placer les rails complétement au-dessus du pont et de ne mettre que des parapets peu résistants, qui céderont facilement au choc des wagons sans réaction sur le reste du pont.

Les hautes eaux montent à $2^{m}.60$ en contre-bas des rails.

On a pensé qu'il fallait laisser un espace de $0^{m}.80$ entre le niveau des plus grands crues et le dessous des poutres : il restait d'après cela $1^{m}.80$ entre les rails et le dessous des poutres, ce qui réduit en définitive la hauteur disponible pour les poutres à $1^{m}.50$.

Le sol de la rivière, à l'endroit où elle est coupée par le chemin de fer, est formé d'une couche de galets de 2 à 3 mètres, reposant sur une argile sablonneuse d'une très grande dureté.

Les fondations du pont en tôle ont été faites en battant une enceinte de pieux et de palplanches, puis en coulant du béton après avoir dragué environ $1^{m}.80$ de la couche de galets; il fut impossible de

pousser le dragage plus bas. Les pieux ont bien pénétré dans la terre glaise, mais les palplanches n'ont pas pu y entrer.

Les maçonneries au-dessus du béton sont faites en moellon avec mortier de ciment (pl. 68, fig. 8).

L'emploi du ciment, dont il entre 200 kilogrammes par mètre cube de maçonnerie de moellon, a permis de monter très promptement les piles, tout en réalisant une économie de 50 pour 100 sur le prix de la maçonnerie, qui eut dû être faite en pierre de taille si on avait employé du mortier de chaux.

Le couronnement des piles et des culées est seul en pierre de taille, dans laquelle on a encastré des plaques en fonte qui, en supportant les poutres, leur permettent de glisser plus facilement quand la température change.

Le pont entre les culées a $72^{m}.00$, les piles ont 2 mètres en haut; reste donc pour la portée des poutres $\frac{68}{3} = 22.70$.

La charge d'une travée s'établit comme il suit :

30 wagons à 2700 kilogrammes. . . .	81 tonnes.
Rails, coussinets, tablier en bois. . . .	15 id.
Poutres.	47 id.
	143

Comme il y a cinq poutres, la charge d'une sera de $28^{t}.60$ uniformement répartie, soit $14^{t}.30$ au milieu.

La formule dont on s'est servi pour le calcul de la résistance des poutres est $ab^{3} = \frac{PC}{1,000,000}$ déduite de la formule générale de résistance à la flexion pour une pièce reposant sur deux appuis, en faisant

2 P = le poids supporté au milieu.

2 C = distance entre les appuis = ici 22.70.

R, coefficient de résistance, = 6 kilog. par millimètre carré.

En faisant l'application de la formule qui précède aux différentes parties qui composent une poutre, on trouve pour la résistance de chacune de ces parties (pl. 68, fig. 9) :

Feuilles verticales	(0.010—1.48).	3'.80
Feuilles horizontales	(0.01 —0.50).	5.30
Parties horizontales des cornières	(0.20 —0.015).	6,20
Parties verticales des cornières	(0.085—0.015).	2.40
		17.70

On voit que la résistance d'une poutre est telle que le fer ne travaille pas même à 6 kilog. par millimètre carré.

On pourrait en conclure qu'on a mis trop de fer dans le pont et qu'on pouvait en réduire le poids ; ainsi, par exemple, employer des cornières à ailes égales de $0^{m},10$, ce qui réduirait la résistance d'une poutre à 14'50.

Le projet primitif avait été formé avec ces dernières cornières ; mais on n'a pas pu s'en procurer tout de suite, et comme on a trouvé dans la forge de Montluçon des cornières de rebut à ailes inégales, on s'en est servi.

On n'a pas cru devoir diminuer les épaisseurs de tôle, malgré l'emploi de cornières trop fortes, parce que celles-ci portaient des criques profondes et ne pouvaient être comptées pour la résistance que comme de bonnes cornières de 0,10.

Les rivets des poutres sont placés à 0.10 de distance l'un de l'autre, mesuré d'axe en axe.

Le poids des poutres y compris les entretoises est de 415 kilog. par mètre courant.

L'entretoisage a été fait avec des fers à T ; il a parfaitement réussi.

Les poutres ne fléchissent pas d'une manière appréciable lorsqu'elles sont chargées, quoique le calcul indique qu'elles devaient fléchir de 14 millimètres.

La mise en place des poutres a été très facile : on les posait à plat sur deux wagons, on les amenait à la place qu'elles devaient occuper au moyen d'un pont de service à une voie, puis on les soulevait par les abouts avec des chèvres, ce qui permettait de sortir les wagons du pont. Enfin on les descendait sur les piles et on les dressait au moyen des chèvres. Une brigade de charpentiers mettait deux poutres en place par jour lorsque le pont de service a été fait.

Dans les inondations de mai 1856, des affouillements ayant eu lieu, les palplanches des fondations ont été arrachées, et le gravier restant entre le béton et l'argile a été enlevé.

Le béton, qui n'avait que huit mois, a été en partie détruit, et une des piles s'est inclinée vers l'amont et est arrivée à la position indiquée (pl. 68, fig. 2).

La maçonnerie était faite, comme il a été dit ci-dessus, en moellon et ciment de Vassy. Ce genre de maçonnerie est incontestablement meilleur que la maçonnerie de pierre de taille, et ce qui s'est passé au pont du Cher en est une preuve excellente ; on a vu en effet la pile affouillée s'incliner en quittant le béton en aval, de telle sorte que la différence de niveau entre les points A et B était, après l'accident, de $2^{m}.80$, sans qu'il se fût produit une seule fente et sans qu'une seule pierre se fût détachée. Il est hors de doute qu'une pile en pierre de taille n'eût pas supporté une pareille épreuve.

Après le déversement de la pile, le tablier n'était plus retenu sur elle que par les rivets qui s'étaient imprimés dans la pierre ; les entretoises, ayant résisté, empêchaient le renversement des poutres.

On entreprit alors de relever l'une après l'autre les deux travées reposant sur la pile affouillée, sans dériver les entretoises ; il s'agissait de soulever cinq poutres pesant ensemble 55,000 kilog.

La grande difficulté n'était pas de soulever ce poids, mais de le faire sans secousses, qui auraient pu déterminer le glissement des poutres sur les piles, dont la pente était de $0^{m}.50$, ou occasionner la rupture des entretoises. La vis parut l'outil qui pourrait le mieux

convenir dans cette occasion, où il s'agissait d'éviter tout choc qui eût été probablement fatal au pont.

Pour s'opposer au glissement sur la pile, avant de commencer l'opération du relevage on a scellé dans la pierre de forts goujons en fer à côté des deux dernières poutres d'aval ; cela fait, on plaça sous les poutres trois pièces en fer L, après avoir entaillé la pierre. Un écrou E (fig. 5 et 6) était posé entre les deux flasques de la pièce L, de telle sorte qu'en tournant la vis V, l'écrou montait, entraînant avec lui la pierre L, qui elle-même soulevait la poutre la plus voisine de V.

Le levier C avait 1 mètre de long et était mis en mouvement par des hommes placés en dehors du pont et tirant sur une corde.

A chaque vis était placé un ouvrier qui arrachait le levier quand il avait fait un quart de tour et le replaçait dans une position convenable pour qu'il pût faire un autre quart de tour.

Les trois vis fonctionnaient à la fois, V travaillant plus que V′ et V′ plus que V″. La poutre extrême du côté d'aval n'avait pas à monter ; sa voisine suivait le mouvement des autres, entraînée par les entretoises.

Un ouvrier placé sous le pont veillait à ce que toutes les poutres se dégauchissent autant que possible ; si l'une d'elles restait en arrière, on faisait marcher un peu plus vite la vis voisine.

On avait placé en travers du tablier quatre forts tréteaux qui devaient le supporter lorsqu'il serait relevé. A mesure que les poutres étaient soulevées, des charpentiers les calaient sur la pile et sur les tréteaux avec des coins en bois.

La vis avait 6 centimètres de diamètre et était taraudée sur une longueur de 0m.40. On ne pouvait relever les poutres que de 0m.25 sans être obligé de remonter au moyen de cales la crapaudine en fonte qui reposait sur la pile.

Lorsque l'écrou arrivait au bout du filet, on calait solidement les poutres sur la pile et sur les tréteaux, on desserrait la vis et on mettait une pièce de bois sous la crapaudine pour l'élever.

Par courses successives de 0m.20 à 0m.25 les deux travées du pont ont été relevées sans le moindre accident.

Les pièces L étaient en fer composé de quatre morceaux de 0m.20 de largeur et de 0m.025 d'épaisseur, de sorte que l'épaisseur totale était de 0m.10.

Les flasques composant ces pièces L étaient tenues à distance convenable pour laisser passer l'écrou par des entretoises traversées par des boulons.

On n'a pas cru devoir employer plus de 0m.40 de taraudage, de peur que les vis, qui n'étaient pas toujours bien verticales, ne se tordissent; elles étaient plombées au commencement de l'opération et maintenues dans cette position au moyen de trois cordes attachées d'un bout à une rondelle (pl. 68, fig. 7) et de l'autre aux poutres.

Lorsque le tablier fut remis dans la position qu'il occupait avant l'affouillement, et qu'il eut été calé sur les tréteaux, on procéda au rétablissement de la pile.

Un battage de palplanches, qui n'eussent pas pénétré plus avant dans le terrain que les premières, eût laissé le pont exposé à des accidents semblables à ceux qu'il avait déjà éprouvés; aussi ce système fut abandonné pour une pile composée de trois tubes en tôle de 12 millim. d'épaisseur remplis en maçonnerie de ciment (pl. 68, fig. 1).

On a préféré la tôle à la fonte, de peur que les tiraillements produits par la dilatation des poutres ne fissent casser ces tubes.

Comme il eût été très difficile et très long de démolir entièrement la pile en maçonnerie, on se contenta de l'araser au niveau de l'eau et de percer dans ce qui restait trois trous pour passer les tubes.

L'enfoncement des tubes s'est fait en tirant le gravier par l'intérieur au moyen d'une drague à hélice de 0m.70 de diamètre (fig. 3).

En tournant l'instrument dans le sens de la flèche, la partie inclinée S s'engageait dans le terrain et le faisait monter sur l'aile, où il était retenu par la partie recourbée R; il suffisait que la drague fît deux ou trois tours pour retirer de 15 à 20 litres de terrain.

Il fut facile d'épuiser dans l'intérieur des tubes, quand ils furent arrivés à la terre glaise ; mais on ne put les y faire pénétrer que de 0m.40.

Dans l'impossibilité où l'on se trouvait de faire descendre davantage les tubes, on creusa au-dessous un trou de 1m.10 de profondeur et on remplit tout le vide de maçonnerie, de sorte que celle-ci se trouve aujourd'hui engagée de 1m.50 dans la terre glaise.

Lorsque les tubes furent en place, on les remplit de maçonnerie jusqu'au niveau de l'eau, puis on les réunit par des croix de saint André faites avec des fers à T de fortes dimensions, enfin on acheva de les remplir de maçonnerie, on riva sur le sommet une poutre en tôle, et on laissa reposer le tablier sur celle-ci.

Note sur la reconstruction des proues de deux bateaux à vapeur belges

(*SERVICE DE DOUVRES A OSTENDE*)

PAR

M. PRISSE

Ingénieur et Directeur-gérant du Chemin de fer d'Anvers à Gand.

Une expérience, faite par le Gouvernement belge, a démontré d'une manière décisive combien la forme des proues des navires à vapeur a d'influence sur leur marche. — Comme cette expérience n'a pas été publiée en France, j'ai pensé que la Société en accueillerait avec intérêt la communication.

Le Gouvernement belge possède, depuis 1846, 3 steamers qui, conjointement avec des paquebots du Gouvernement anglais, desservent la ligne postale entre la Belgique et l'Angleterre par Ostende et Douvres.

Un de ces trois navires, *le Chemin de fer*, répondait seul aux exigences du service; sa coque a été construite par MM. Didebeau et Meier, les machines par M. Maudslay en Angleterre : il atteint une vitesse de 13,5 nœuds et se comporte bien à la mer.

Les deux autres steamers, *la Ville d'Ostende* et *la Ville de Bruges*, construits en Belgique sur les plans fournis par les constructeurs anglais, comme étant ceux du *Chemin de fer*, avaient une infériorité très grande sur celui-ci : leur vitesse ne dépassait pas 10,4 nœuds et ils se conduisaient mal dans les grosses mers.

Cependant ces trois navires avaient les mêmes dimensions principales; la section immergée au maître couple, le tirant d'eau en charge, la forme et la grandeur des roues à palettes, des chaudières

et des machines, étaient les mêmes ; ils différaient seulement par la forme des carènes et la dimension des matériaux : *la Ville d'Ostende* et *la Ville de Bruges* étaient beaucoup plus pleines à l'avant et à l'arrière que *le Chemin de fer*, la différence de déplacement se trouvant compensée par un surcroît de matériaux employés à la construction des deux premiers.

La fig. 10, pl. 68, donne, l'une sur l'autre et à la même échelle, la ligne d'eau du *Chemin de fer*, *b*, *b*, *b*, et celles des *Ville de Bruges* et *Ville d'Ostende*, *a*, *a*, *a*.

Les deux steamers construits en Belgique ne répondant que très imparfaitement aux exigences du service, M. l'ingénieur de la marine royale belge E. Sadoine proposa, en 1851, de changer la proue d'un de ces paquebots et de lui donner des formes plus fines encore que celles du *Chemin de fer ;* les résultats espérés étaient de porter sa vitesse à 12 ou 12,5 nœuds, au lieu de 10,4, dans la circonstance où *le Chemin de fer* en filait 13,5.

Le projet fut approuvé et exécuté en avril 1852, dans les chantiers de la société F. Cockerill et C^e^ à Anvers : tout l'avant, à partir de la chambre des machines, de *la Ville d'Ostende* fut démoli et remplacé par un autre, plus long de 9 pieds anglais (2 mètres 74), les lettres *c*, *c*, *c*, en indiquent la ligne d'eau. Rien absolument ne fut changé à l'arrière de la coque, aux chaudières et machines, ni aux roues à palettes ; la pression de la vapeur ne fut pas modifiée et le tirant d'eau resta également le même : le travail entier fut achevé en six semaines et le steamer modifié prit le nom de *Rubis*.

Dès ses premiers essais dans l'Escaut, *le Rubis* atteignit la vitesse de 13,6 nœuds et ses roues firent 34 1/2 révolutions par minute, tandis que le nombre correspondant pour *la Ville d'Ostende*, toutes choses égales d'ailleurs, n'avait pas dépassé 10,4 nœuds de vitesse et 28 tours de roues par minute.

A la mer, non seulement *le Rubis* conserva ce premier avantage, mais il en montra un second, peut-être plus important encore en raison de sa destination : *la Ville d'Ostende* était extrêmement dure à la

mer ; *le Chemin de fer*, même dans les grosses mers, embarquerait trop d'eau si on n'y modérait pas sa marche ; *le Rubis*, au contraire, a les mouvements les plus doux, et se lève si bien à la lame qu'il lui est permis de marcher à pleine vapeur, même dans les tempêtes vent et mer debout : aussi, dans les mauvais temps, *le Rubis* bat-il considérablement *le Chemin de fer*.

Ces avantages ont, tous deux, une importance particulière en raison de la destination spéciale des steamers-postes belges, d'abord à cause des houles qui règnent fréquemment dans la Manche, puis parce que l'entrée du port d'Ostende n'est pas accessible aux steamers à marée basse ; aujourd'hui *le Rubis* fait souvent port, c'est-à-dire peut entrer et se mettre à quai alors que *la Ville d'Ostende* ou même *le Chemin de fer* débarqueraient en rade, ou bien seraient obligés, en cas de mauvais temps, d'attendre au large le retour de la marée.

Le résultat si favorable de la modification complète de l'avant de *la Ville d'Ostende* détermina le Gouvernement belge à faire opérer la même transformation au steamer *la Ville de Bruges*. Ce travail fut opéré et réussit au moins aussi complétement que le premier ; *la Ville de Bruges* échangea, à cette occasion, son nom contre celui de *Topaze*.

Les nombres suivants permettront de mieux apprécier l'importance des avantages réalisés :

	Chemin de fer.	Ville d'Ostende et de Bruges.	Rubis et Topaze.
Longueur à la flottaison.	42m.21	41m.60	44m.35
Largeur extrême hors membre	6m.4	6m.4	6m.4
Creux de dessus, quille au milieu. . . .	3m.4	3m.4	3m.4
Tirant d'eau moyen, en charge.	1m.98	1m 98	1m.78
Surface de la section immergée	9q.5686	9q.5686	9q.5686
Déplacement (en tonneaux de 1000 kos).	226	253	256
Diamètre extér. des roues (pales mobiles).	5m.79	5m.79	5m.79
Idem au centre des pales.	4m.978	4m.978	4m.978
Nombre des pales par roue	12	12	12
Longueur de chaque pale.	2m.133	2m.133	2m.133
Largeur idem.	0m.812	0m.812	0m.812

	Chemin de fer.	Villes d'Ostende et de Bruges.	Rubis et Topaze.
Deux chaudières à trois foyers chacune.			
Nombre de tubes bouilleurs des chaudières (en fer).	600	600	600
Longueur des tubes.	1m.676	1m.676	1m.676
Diamètre extérieur id. (en centimètres).	1c.35	6c.35	6c.35
Deux machines à piston annulaire, système dit Maudslay.			
Diamètre extérieur des piston.	1m.219	1m.219	1m.219
Idem intérieur des pistons	0m.558	0m.558	0m.558
Course du piston.	1m.067	1m.067	1m.067
Pression dans les chaudières (K. par cent. [2])	1k.265	1k.265	1k.265
Tension absolue	2k.293	2k.293	2k.293
Détente, pleine vapeur pendant environ un tiers de la course.			
Surface d'un piston à vapeur.	0q.92215	0q.92215	0q.92215
Nombre de révolutions par minute	34	28	34 1/2
Vitesse en nœuds.	13 à 13.5	10.4	13.6

Les machines sont à condensation et détente fixe à très peu près des deux tiers.

La question de la quantité de combustible consommée est d'une importance relativement secondaire pour les bateaux-postes; les chaudières ont d'ailleurs une surface de chauffe suffisante pour alimenter les machines de vapeur à pleine pression, aussi bien lorsqu'elles font 34 1/2 révolutions par minute que 28; aussi des diagrammes de la pression de travail dans les cylindres, relevés sur les machines du *Rubis* et de *la Ville d'Ostende* au moyen d'un indicateur de Watt ou de Mac Naught, ont-ils indiqué une pression moyenne égale sur le piston aux vitesses de 28 et de 34 1/2 coups; il en résulte que le travail développé serait en proportion directe du nombre de coups.

La pression moyenne effective relevée à l'indicateur est de 23.95 livres par pouce carré (mesure anglaise); la pression maximum était de 16 1/2 livres; le vide le plus complet était de 12 1/2 livres.

Si l'on admet que les frottements divers, joints au mouvement des pompes à air et des pompes alimentaires, absorbent un cinquième du travail total développé dans les cylindres, on trouve que les machines de *la Ville d'Ostende*, battant 28 coups, produisent un travail de 328.75 chevaux-vapeur, et celles du *Rubis*, à 34 1/2 révolutions, un travail de 406.2 chevaux-vapeur; la force nominale des machines était seulement de 120 chevaux.

Adoptant les notations employées par MM. Mathias et Callon dans leurs *Études sur la navigation fluviale par la vapeur*, on trouve :

	Villes d'Ostende et de Bruges.	Rubis et Topaze.
Force des machines, en chevaux-vapeur. . .	328.75	406.2
Vitesse, en mètres par seconde V.	5m.349	6m.996
Vitesse des roues au centre d'action U. . . .	6m.894	8m.967
Effort nécessaire pour mouvoir 1 mètre carré de la section à la vitesse de 1 mètre K.	16.84	9.3
Perte due au recul des pales, le travail dépensé étant 100 $\frac{U-V}{U}$.	22.4	22.2
Coefficient de résistance propre à la carène R.	13.064	7.235
Coefficient des palettes R'.. . . . :	124.05	69.74

Les nombres de ce petit tableau rendent plus sensible l'importance du changement opéré à l'avant des deux premiers steamers, car, il est peut-être utile de le répéter, c'est la seule modification qu'ils aient subie.

La vitesse de marche a augmenté de 30.79 p. 0/0.

L'effort nécessaire pour mouvoir 1^{m2} de leur section à la vitesse de 1 mètre par seconde K a diminué de 44.77 p. 0/0.

Le coefficient R, propre à la résistance de la carène, a diminué à peu près dans le même rapport, soit de 44.6 p. 0/0.

Enfin, en supposant qu'il eût été possible d'augmenter la force des machines des steamers *Ville d'Ostende* et *Ville de Bruges* sans

changer la forme ni le tirant d'eau de ces derniers, il eût fallu, pour atteindre la vitesse réalisée par *le Rubis* et *la Topaze*, toutes choses égales d'ailleurs, il eût fallu, dis-je, au lieu de 406.2 chevaux-vapeur, force des deux derniers steamers, dépenser le travail de 735.52 chevaux-vapeur : le travail des machines des *Ville d'Ostende* et *Ville de Bruges* eût donc dû être plus que doublé, puisqu'il équivalait seulement à 228.75 chevaux-vapeur.

Je dois à l'obligeance de M. l'ingénieur E. Sadoine les renseignements qui m'ont mis à même de porter à la connaissance de la Société les faits intéressants qui précèdent.

MÉMOIRE N° XLVII

Sur de nouvelles dispositions de matériel roulant permettant la construction des chemins de fer à petits rayons et fortes rampes,

PAR

M. EDMOND ROY.

Les nouvelles dispositions de matériel roulant que nous présentons n'ont point pour but principal d'être substituées au matériel existant pour l'exploitation des lignes actuelles à rayons de courbure au-dessus de 500 mètres; elles ont pour but unique de permettre la construction économique des réseaux de chemins de fer secondaires restant à exécuter, de ceux principalement à établir en pays de montagnes, et de faire que les transports sur chemins de fer à petits rayons ne soient ni plus dangereux ni plus coûteux que sur les chemins à grands rayons, de manière que les revenus de ces lignes secondaires produisent un intérêt suffisamment rémunérateur des capitaux engagés.

Nous déterminons d'une manière bien nette et précise le terrain sur lequel nous nous plaçons, parce que déjà nous avons eu à lutter, en bien des circonstances, contre l'idée fixe de substitution pure et simple de notre matériel à celui actuel fonctionnant bien sur les lignes à grands rayons, et par suite la non-raison d'être d'un matériel roulant propice aux courbes à petits rayons, d'une part; et l'impossibilité de construire des chemins de fer à petits rayons, parce qu'on n'a pas encore de matériel roulant convenable sanctionné par l'expé-

rience, d'autre part ; de sorte que, si on se tient toujours à dire : Ce que nous avons va bien sur les chemins existants, — sans vouloir jamais expérimenter ce qui pourra se présenter de nouveau, quoique fondé sur des principes vrais, on tournera dans un cercle vicieux, dont on ne saura quand et comment sortir de manière à satisfaire les intérêts du pays et des capitaux à engager pour le plus grand développement possible de l'industrie des chemins de fer.

La pratique successive de la construction des locomotives, des travaux d'art et de terrassement, nous a mis à même de nous rendre compte du chiffre énorme des dépenses d'établissement de la voie, nécessitées par l'emploi du matériel actuel dans les pays accidentés, et donné le moyen d'étudier un matériel roulant qui permette de réduire ces dépenses sans grever aucunement l'exploitation.

Voilà trente ans que l'industrie des chemins de fer est passée à l'état de science pratique. Qu'on analyse le matériel roulant actuel et le chariot de mines qui est né avec les chemins de fer, c'est toujours un cadre monté sur deux essieux restant constamment parallèles; c'est même moins, eu égard à la rigidité des roues avec leurs essieux : c'est le cadre monté sur des rouleaux en bois pour le transport des lourds fardeaux; c'est tout ce qu'il y a de plus primitif, et qui fut employé avant que l'homme, fatigué d'avoir un instrument de transport si peu disposé à prendre les directions diversees qu'il avait à suivre, eût imaginé l'essieu, la roue et l'avant-train.

Avec le wagon actuel, pour la circulation duquel, dans les courbes, on est obligé de compter :

1° Sur la résistance des rails sur les boudins des roues,

2° Sur le sautillement ou le ripement permanent d'une des roues de chaque essieu,

3° Sur la grande puissance du moteur, qui a autant à faire pour vaincre ces mauvaises conditions de roulement que pour produire le travail utile,

On ne peut donc pas dire que la disposition actuelle soit du progrès.

Dans ces conditions, il n'est pas possible que la mécanique pratique ait dit son dernier mot, et toutes ces considérations sont, nous croyons, des motifs sérieux pour aider et faire expérimenter toute modification rationnelle au matériel actuel, de manière à satisfaire aux conditions de roulement ; et, cette question résolue, on arrivera à la quintessence des économies de construction et d'exploitation des chemins de fer.

D'après ces considérations, quelques efforts que l'on fasse pour maintenir l'unité et l'uniformité dans le matériel des chemins de fer, ce matériel doit, avec le temps, se transformer pour faire place à d'autres dispositions satisfaisant à toutes les conditions de roulement ; et nous sommes convaincu que dans cent ans on regardera le modèle actuel de wagon avec un sourire semblable à celui avec lequel nous regardons ces vieux types de voitures lourdes et informes qui faisaient les délices de nos pères.

On ne se préoccupe pas assez de ce que tôt ou tard tous les chefs-lieux de département réclameront, et avec raison, d'être aussi directement que possible reliés entre eux, et que la multiplicité des chemins de fer, rendant la circulation égale sur tout le territoire, amènera forcément une réduction à ces recettes kilométriques fabuleuses des grandes artères, qui ont servi de trompettes pour le commencement de la création des réseaux secondaires. Le mouvement des voyageurs et des marchandises reprenant alors les directions normales, l'équilibre se rétablira dans la marche des choses, et par suite dans la fortune publique : car, si pour créer une industrie quelconque on emploie un capital de 100 millions, tandis qu'on aurait pu l'installer avec 50 millions, tout en desservant les mêmes intérêts, c'est toujours, quoi que l'on en dise, 50 millions de perdus pour le pays, parce qu'avec cette somme on aurait pu établir d'autres industries ou donner plus d'extension à celle-ci, et créer ainsi, avec un même capital, une plus grande somme d'améliorations et de revenus. Les beaux viaducs et les grands souterrains sont de belles choses, mais nous pensons qu'en matière de chemins

de fer, à part les questions des bâtiments de stations, on ne doit jamais raisonner en artiste, mais toujours en économiste.

Nous ne nous livrerons point ici à l'examen des résultats financiers auxquels promet de conduire la construction des chemins de fer à trop grands rayons, eu égard aux difficultés de terrain dans les pays de montagnes ; les résultats probables en sont trop fâcheux pour en faire la publicité, et on pourrait aussi nous taxer de les exagérer, dans le but de faire prévaloir notre idée des chemins à petits rayons.

Nous signalerons seulement à l'attention de ceux qui veulent bien se donner la peine de réfléchir et d'être consciencieux, ce qui se passe pour les chemins de fer anglais, dont le revenu moyen est aujourd'hui de 2 à 4 p. 0/0, après avoir eu les mêmes phases de prospérité que les grands réseaux français.

Le matériel qui parcourt un chemin de fer établi en pays de montagnes doit satisfaire aux conditions économiques de construction de ce chemin, tout en ayant la solidité et la rigidité nécessaires pour résister aux actions du poids et de la vitesse auxquels il est soumis. Il doit donc, tout en conservant autant que possible les dispositions actuelles sanctionnées par la pratique, pouvoir passer dans des courbes à petits rayons ; par suite les essieux doivent toujours être dans une direction normale à la voie, c'est-à-dire parallèles entre eux lorsque le convoi parcourt une droite, converger vers le centre de la courbe parcourue lorsque le convoi est dans une courbe ; et enfin, le rail extérieur, dans les courbes, ayant plus de développement que le rail intérieur, chaque roue doit faire le nombre de tours correspondant à l'espace parcouru par chacune d'elles. C'est à ces conditions qu'on peut obtenir le minimum de frottement, et, par suite, d'usure du matériel et de dépenses dans la traction.

Tel est le but que nous nous sommes proposé et que nous espérons avoir atteint par les deux dispositions de *coussinets à glissière oblique* et d'*essieu brisé* que nous allons décrire ci-après. Chacune de ces deux dispositions peut être employée isolément ou concurremment. Les boîtes à graisse et coussinets à glissière répondent à la

solution de la convergence des essieux suivant des rayons, en passant dans les courbes : c'est l'idée principale (1). L'essieu brisé complète cette idée en permettant à chacune des roues d'un même essieu de se développer suivant l'espace à parcourir sur chaque rail. La plus ou moins grande conicité des bandages de roues peut résoudre en partie la solution présentée par l'essieu brisé ; c'est ce qui nous fait poser l'idée des boîtes à graisse et coussinets à glissière oblique comme principale, la deuxième condition du problème pouvant être résolue en partie avec des essieux rigides, ou par une seule roue folle sur l'essieu.

Nous prévenons d'avance que les modifications que nous proposons d'apporter au matériel actuel ne changent en rien l'ensemble des dispositions de ce matériel ; les moyens de relier les wagons pour la composition des trains peuvent être les mêmes, et nos wagons pourraient fonctionner concurremment et dans un même train avec les wagons actuels.

Cependant, le mode d'attelage avec un tampon de chaque côté du wagon présentant des inconvénients pour le passage des convois dans les courbes à petit rayon, nous présentons une autre disposition qui consiste en un seul tampon placé dans l'axe du wagon, qui sert pour les chocs et la traction ; et les tampons de deux wagons successifs sont reliés entre eux de manière à permettre les oscillations verticales et empêcher celles transversales ou mouvement de lacet.

Nous terminons notre travail par le développement théorique du principe sur lequel sont établis nos coussinets à glissière oblique, puis par des notes et comparaisons entre le matériel actuel et celui que nous présentons.

(1) Plusieurs moyens d'application du principe des coussinets à glissières produisent la convergence des essieux ; nous les décrirons successivement, pour présenter la question aussi complétement que possible, et on pourra choisir celui qui paraîtra le plus convenable.

DESCRIPTION DES BOITES A GRAISSE ET COUSSINETS A GLISSIÈRE OBLIQUE.

1re *Disposition* (Pl. 66, fig. 1).

Le train du wagon doit se composer de trois essieux au moins.

Les coussinets des essieux extrêmes peuvent glisser dans leurs boîtes à graisse.

Les coussinets de l'essieu du milieu sont fixés dans leurs boîtes à graisse, comme dans le matériel actuel.

Pour tous les essieux, les coussinets ont juste la même longueur que les tourillons, afin qu'ils aient le même mouvement ou la même fixité transversale.

Ainsi que l'indiquent les fig. 1 et 8, les faces verticales des coussinets des essieux extrêmes ne sont point, comme dans les coussinets ordinaires, parallèles à un plan vertical passant par l'axe de l'essieu et du coussinet; elles sont obliques par rapport à ce plan de 0 à 45°, suivant :

1° L'écartement des essieux,

2° La position du coussinet sur l'essieu.

Les faces de la boîte à graisse sur lesquelles doivent glisser les coussinets ont la même inclinaison que les faces de ce coussinet.

Les coussinets du milieu étant fixes, l'essieu du milieu ne peut prendre aucun mouvement transversal; c'est lui qui sert de point d'appui pour que les deux essieux extrêmes soient entraînés à droite ou à gauche par l'action du rail sur le boudin des roues, suivant le sens de la courbe. Les coussinets, ayant même longueur que leurs tourillons, obéissent au mouvement qui leur est imprimé par l'essieu,

en glissant dans leur boîte à graisse. Les plans obliques sur lesquels le glissement s'opère étant, pour chaque extrémité d'un même essieu, placés en sens inverse, il en résulte, ainsi que l'indique l'épure, que les extrémités des essieux extrêmes situées 1° extérieurement à la courbe parcourue s'écartent de celle de l'essieu du milieu; 2° intérieurement, se rapprochent; et qu'enfin ils passent, dans ce mouvement, des positions *ab-cd* (*fig.* 1), parallèles à celle de l'essieu du milieu pour la marche en ligne droite, aux positions convergentes *a'b'-c'd'* indiquées en pointillé, et normales ou à peu près à l'élément de courbe sur lequel se trouve chaque essieu.

Dans le mouvement transversal des essieux extrêmes que nous venons d'indiquer, nous ferons remarquer que, les glissières obliques étant droites, les coussinets glissent dans les boîtes à graisse parallèlement à eux-mêmes, tandis que les essieux, qui convergent l'un vers l'autre, prennent, par rapport à un plan vertical passant par l'axe longitudinal des boîtes à graisse, des obliquités qui peuvent aller jusqu'à 2°, suivant que les essieux extrêmes sont plus ou moins écartés. Il en résulte que, lorsque le wagon sera dans une courbe, les axes de l'essieu et du coussinet ne seront plus dans un même plan vertical; il y aurait alors coincement du tourillon dans son coussinet.

Pour obvier à cet inconvénient très sérieux, nous avons transformé la trajectoire droite indiquée à l'essieu *cd* (*fig.* 1 et 9) en une trajectoire en arc de cercle indiqués à l'essieu *ab* (*fig.* 1 et 10 à 15); le centre de cet arc de cercle est déterminé en élevant une perpendiculaire à la trajectoire droite au point où elle coupe l'axe du tourillon (*épure de l'essieu* cd) et le point de rencontre des deux perpendiculaires élevées ainsi sur les deux trajectoires droites des extrémités d'un même essieu est le centre de cet arc de cercle.

Dans ces conditions, lorsque l'essieu se déplace, il fonctionne, par rapport aux glissières en arc de cercle, comme une clef tournant dans son cercle, de sorte que les axes des tourillons et des coussinets sont toujours dans un même plan vertical.

Bien qu'il résulte de la théorie du mouvement des extrémités des essieux, que nous donnons plus loin, que les trajectoires obliques des glissières doivent être des droites, les résultats obtenus par l'application de l'arc de cercle sont pratiquement les mêmes que ceux fournis par la ligne droite eu égard au peu de course des glissières. Nous verrons même plus loin que les glissières obliques en arc de cercle offrent d'autres avantages importants pour l'accouplement des essieux des locomotives. Les fig. 10, 11, 12, 13, 14 et 15, donnent les détails des boîtes à graisse avec coussinets à glissière en arc de cercle.

En outre, on peut maintenir aux glissières une trajectoire droite en disposant le coussinet en deux parties :

1° La glissière proprement dite ; 2° le coussinet, dont la forme extérieure est celle d'un cylindre vertical ajusté à la glissière, lequel est ainsi à rotule, et peut suivre les diverses inclinaisons que prend le tourillon.

Les fig. 7 et 8 indiquent les détails de cette disposition de boîte à graisse avec son coussinet.

On a reproché aux dispositions de coussinets que nous venons de décrire la trop grande facilité qu'avaient les essieux extrêmes de se déplacer, et, par suite, la susceptible de laisser trop d'action au mouvement de lacet, et enfin au déraillement.

Nous ne croyons pas cette crainte fondée, surtout avec le mode d'attelage que nous décrirons plus loin, et en outre parce que les petits modèles de wagon et de locomotive, construits à l'échelle de 1/10, que nous avons fait fonctionner sur un petit chemin de fer en forme de 8, dont les rayons de courbures étaient 5m.00, qui a été établi successivement au Conservatoire des arts et métiers et dans la gare de Paris du chemin d'Orléans, en présence de beaucoup d'ingénieurs, ont donné de bons résultats. Ces petits modèles ont très bien fonctionné, attelés ensemble ou lancés isolément, avec des vitesses de 5 et 6 mètres par seconde, sans qu'il y eût de déraillement.

Toutefois, les craintes qui nous furent exprimées à cet égard par

M. Mary, inspecteur général des ponts et chaussées, chargé par Son Excellence le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics, d'examiner notre invention, puis la discussion qui eut lieu à la Société des ingénieurs civils lorsque nous avons eu l'honneur de lui présenter nos petits modèles, nous ont engagé à chercher une solution qui ne laissât pas de prise à l'objection du mouvement de lacet. C'est cette solution que nous indiquons ici.

Autre disposition de coussinets à glissière oblique

(Pl. 66, fig. 2, et Pl. 67, fig. 16 à 27).

Pour obvier à la facilité qu'ont, dans les dispositions que nous venons de décrire, les essieux extrêmes de pouvoir librement se porter à droite ou à gauche, nous transportons sur les coussinets de l'essieu du milieu l'obliquité des glissières.

Les essieux extrêmes *ab*, *cd* (*fig.* 2), sont fixés transversalement et montés avec des coussinets à rotules, et l'essieu du milieu *m*,*n*, se meut à droite ou à gauche, selon l'inflexion de la voie, entraînant avec lui les coussinets *m*-*n* (*fig.* 2), ayant des faces obliques formant coin, lesquels viennent prendre les positions m'-n'. Les faces du coussinet *n* poussent les tirants *e* et *f*, qui glissent longitudinalement entre les doubles plaques de garde par lesquelles ils sont maintenus, et forcent les boîtes à graisse *a* et *c*, auxquelles ils sont rigidement fixés, et pouvant elles aussi glisser longitudinalement entre les doubles plaques de garde, à s'éloigner l'une de l'autre et à prendre les positions a' et c'.

Le coussinet *m* produit le mouvement inverse à l'aide de la menotte rr' (*fig.* 16, 17, 18 et 19), embrassant le coussinet et fixée avec lui. Cette menotte passe dans les rainures *o* des deux tirants adjacents, les force à se rapprocher l'un de l'autre à cause de l'obli-

quité des surfaces, et oblige par suite les extrémités *b* et *d* des deux essieux extrêmes à se rapprocher l'une de l'autre et à prendre les positions *b'* et *d'*.

La même disposition est appliquée, bien entendu, au coussinet *n*, afin qu'il agisse de même dans une courbe inverse.

Pour relier le train proprement dit avec le châssis, les coussinets *m* et *n* de l'essieu portent une languette V qui glisse dans la rainure de la plaque X (*fig.* 18, 19 et 27). Cette plaque porte la boîte à graisse, est fixée avec le ressort et est maintenue dans tous les sens par les doubles plaques de garde.

La plaque enveloppe Y (*fig.* 22, 23, 24 et 25) des coussinets d'essieux extrêmes glisse sous la plaque de garde Z portant la boîte à graisse. Cette plaque Z est également maintenue dans tous les sens par les doubles plaques de garde, tandis que Y n'est maintenue que dans le sens transversal. Ses positions longitudinales sont déterminées par les glissières de l'essieu du milieu à l'aide des tirants *e* et *f*.

Les fusées d'essieux portent leur collet d'arrêt en leur milieu; ce collet, qui est exactement encastré dans le coussinet, peut aussi servir à opérer le graissage de la fusée; il passerait alors dans la boîte à huile *h* (*fig.* 16, 20, 24 et 26), et, par l'action de la force centrifuge et de quelques petites échancrures pratiquées au pourtour, entraînerait l'huile nécessaire à son graissage et à celui de la fusée.

Autre disposition pour obtenir la convergence des essieux dans les courbes (Pl. 66, fig. 2).

L'essieu du milieu pourrait aussi commander la convergence que doivent prendre les essieux extrêmes dans les courbes, sans que ses coussinets portassent de faces obliques, et cela à l'aide des tirants K et P reliés aux coussinets, allant d'une extrémité de l'essieu du

milieu à l'extrémité opposée des essieux extrêmes, ainsi que l'indique la figure n° 2 : avec les coussinets placés intérieurement aux roues, c'est l'obliquité des tirants qui remplacerait celle des faces de coussinets, et ce serait un rectangle articulé, dont les diagonales constantes K et P forceraient, dans un changement de position, K′ et P′, deux des côtés (les axes des essieux extrêmes), à perdre leur parallélisme et à venir se placer normalement à la voie.

La convergence des essieux (*fig.* 1) peut encore s'obtenir par le principe de l'arc de cercle à faire décrire à l'extrémité de chaque essieu et l'application des tirants, en laissant l'essieu du milieu fixe dans le sens transversal et les deux essieux extrêmes mobiles, en ayant des tirants xx' yy' (indiqués en petits points) fixés d'une part aux coussinets et ayant un point fixe de rotation x et y pris sur le châssis ou tout autre point fixe du véhicule, de sorte que, les essieux se portant à droite et à gauche, les tirants forceraient chaque coussinet à décrire un arc de cercle, et remplirait ainsi la fonction de la glissière courbe, en forçant toujours les essieux à prendre une position normale à la voie, ainsi que l'indique le tracé pointillé de la fig. n° 1.

Nous ferons remarquer que l'application de nos coussinets à glissière est indépendante du nombre d'essieux du véhicule, lequel peut en avoir 2, 3, 4 ou 5 à volonté.

Nos plans généraux de châssis de wagons indiquent que les boîtes à graisse peuvent être placées intérieurement ou extérieurement aux roues.

La position extérieure est plus commode pour le graissage en marche ; les ressorts étant le plus écartés possible, la stabilité du wagon et le travail des ressorts sont dans les meilleures conditions ; mais l'obliquité des glissières est bien plus grande que pour les coussinets placés intérieurement, et il y a un plus grand effort transversal tendant à les déplacer et sollicitant l'usure des faces des coussinets ; en outre, les glissières des coussinets placés intérieurement peuvent être

entretoisées, et par suite les surfaces de glissement rendues parfaitement fixes.

Avec la voie de $1^{m}.50$, nous pensons qu'il est préférable de placer les coussinets extérieurement aux roues; avec une voie large, $1.^{m}70$ à $1^{m}.80$, il vaudrait mieux les placer intérieurement.

Nous donnons plus loin la théorie du mouvement des extrémités d'essieu pour qu'ils se trouvent toujours placés normalement à la voie ; et par suite la manière de déterminer l'obliquité des trajectoires.

Nos épures sont établies avec des obliquités plus fortes que celles résultant des calculs, afin de compenser le jeu qu'il est indispensable d'avoir 1° entre les boudins des roues et les rails, 2° dans les glissières, 3° celui résultant de l'usure des coussinets et tourillons.

DESCRIPTION DE L'ESSIEU BRISÉ.

(Pl. 66, fig. 6 et 7).

L'essieu brisé se compose de deux parties A et B : l'une A portant le tourillon, l'autre B faisant manchon pour recevoir le tourillon ; C est une rondelle rapportée à chaud ou soudée sur le manchon B, de manière à y être solidement fixée, et qui est encore rattachée au manchon B par des prisonniers *oo'o''*.

D est un écrou à rebords qui doit être passé sur le manchon avant de poser la rondelle C, et qui se visse sur le tourillon A, ne donnant de serrage que dans le sens longitudinal.

Les effets d'usure du tourillon et du manchon dans le sens transversal sont compensés par les cônes des extrémités du manchon et du tourillon, indiqués dans la coupe, lesquels sont rapprochés les uns des autres par le serrage longitudinal de l'écrou D.

a est une vis fixée sur le tourillon A pour empêcher l'écrou D de

se desserrer par les vibrations; des trous sont pratiqués dans l'écrou D suivant le pas de la vis, pour livrer passage à la vis *a*, au fur et à mesure du serrage de D.

La vis *a* pourrait être simplement une goupille traversant l'écrou et l'essieu, qui serait elle-même retenue par une clavette à ployon.

b, vis-bouchon du trou graisseur du tourillon, pratiqué dans le manchon B.

ATTELAGE DES WAGONS AVEC UN TAMPON UNIQUE SUR L'AXE POUR CHOC ET TRACTION.

(Pl. 66, fig. 1, 3, 4 et 5).

L'attelage actuel des wagons, avec un crochet de traction sur l'axe et les tampons de choc placés de chaque côté du wagon, ne convient point pour le passage des convois dans les courbes à petit rayon, parce qu'alors les tampons placés vers le rail intérieur des courbes travaillent seuls, et les tiges sont constamment exposées à être faussées par les moindres chocs, et en outre ce mode d'attelage combat mal le mouvement de lacet.

Pour obvier à ces inconvénients, nous supprimons complétement les tampons situés de chaque côté du wagon, et les remplaçons par un tampon unique placé dans l'axe du wagon, lequel sert alors pour le choc et pour la traction, ainsi que l'indiquent les fig. 1, 3, 4 et 5, pl. 66.

Notre mode d'attelage est ainsi formé : *a* et *b* (fig. 3, 4 et 5) sont les tampons de deux wagons successifs, chacun d'eux est un demi-cylindre vertical; sur la tige du tampon est passée une bague *c* portant quatre oreillettes *n*, *n*, *n*, *n*, et pouvant tourner librement sur la tige du tampon; à cette bague se trouve attaché un anneau *d*,

dont le diamètre intérieur est un peu plus grand que celui du cylindre formé par les 2 tampons *a* et *b* lorsqu'ils sont rapprochés l'un de l'autre : cet anneau est attaché à la bague par le boulon *i* passant dans 2 oreillettes *n*, *n*, et passant aussi dans un petit anneau *r* de la même pièce que le grand anneau *d*.

Pour former l'attelage, les 2 tampons étant rapprochés, on fait tourner l'une des bagues *o* autour de la tige du tampon, pour amener l'anneau *d* en haut; puis on le rabat pour embrasser les 2 tampons : son petit anneau *r'* tombe entre les 2 oreillettes *nn* du collier du tampon adjacent, et on passe la clavette à ployon *v* dans les oreillettes *nn* et dans le petit anneau *r'*; on relève ensuite le second anneau resté pendant; il embrasse ainsi les 2 tampons, et on le fixe avec la bague de l'anneau placé en haut, de la même manière que celui-ci est fixé avec la bague que l'on vient de placer en dessus.

Ce mode d'attelage permet aux mouvements verticaux dus à la différence des charges de wagons, et aux cahots du parcours, de s'opérer librement; il laisse aussi la liberté de mouvement nécessaire pour la variation des angles que doivent former entre eux les axes des wagons lorsque le convoi parcourt des courbes.

Le mouvement de lacet se trouve combattu par la rigidité transversale des anneaux, qui empêchent les tampons de deux wagons successifs de se porter à droite ou à gauche l'un sans l'autre.

Les dispositions des tiges et des ressorts de choc et de traction se trouvent indiquées par les fig. 3, 4 et 5; le choc est supporté par le ressort le plus voisin du tampon, et la traction s'opère sur le ressort situé vers l'extrémité du wagon opposée au tampon, par les branches de traction.

Nous ferons remarquer que ce mode d'attelage serait une grande amélioration même pour les wagons actuels, en faisant disparaître les causes d'accidents malheureusement trop fréquents qui résultent de la difficulté d'aborder les crochets d'attelage et de sortir d'entre deux wagons lorsqu'ils sont rapprochés l'un de l'autre.

Nous croyons aussi que notre mode d'attelage se prêterait bien,

et permettrait peut-être une simplification à l'application du frein automoteur de M. Guérin, pour la fonction duquel il emploie l'action des tampons et de la tige de traction.

Le tampon et la tige peuvent être de la même pièce ou réunis, comme c'est indiqué au tampon *a*.

LOCOMOTIVES PUISSANTES POUVANT PASSER DANS LES COURBES DE 100 MÈTRES DE RAYON.

(Pl. 68, fig. 32, 33, 34, 35 et 36.)

Dans le mouvement imprimé aux essieux extrêmes par les plans inclinés des coussinets, une extrémité s'éloigne de l'essieu du milieu et l'autre s'en rapproche sensiblement de la même quantité. Les points milieu sont donc toujours à la même distance les uns des autres en mesurant perpendiculairement à l'axe de l'essieu fixe. Si on mesurait cette distance de milieu à milieu d'essieu, on aurait une oblique qui, mathématiquement, ne saurait être égale à la perpendiculaire, mais qui lui est égale, pratiquement parlant. D'après les calculs et les épures de mouvement que nous avons faits pour la locomotive tender ayant 5 paires de roues accouplées (*fig.* 31), l'écartement entre les essieux extrêmes étant de $7^{m}.80$, nous avons trouvé que, pour le passage dans les courbes, la variation de distance, cumulée d'axe en axe, des manivelles dans les oscillations des essieux à droite ou à gauche, était, pour (*application des glissières droites d'un côté, courbes de l'autre*)

le passage dans les courbes de 300 de rayon de $0^{m}.000206$
Id. id. 100 de $0^{m}.000150$

Nous avons aussi tenu compte, dans ces derniers calculs, de l'obli-

quité des manivelles lorsque les essieux sont dans les positions extrêmes.

Or, nous croyons que ces différences peuvent très bien être négligées en pratique, lorsque, dans un cas semblable à celui dont nous nous occupons, elles ont à se répartir longitudinalement sur 6 coussinets,

Savoir : 2 bielles. 4
2 essieux. 2

Les essieux peuvent donc être coudés en leur milieu et accouplés par des bielles, ainsi que l'indique le plan du canevas de locomotive.

Nous donnons (Pl. 68, *fig.* 32 à 35) les canevas de deux locomotives tender montées avec coussinets à glissières, dont l'ensemble serait ainsi composé :

Le foyer serait situé entre deux essieux à position transversale fixe ; c'est entre eux que se trouverait le sommet de l'arc embrassé par les essieux extrêmes. Ces deux essieux, restant constamment parallèles, seraient accouplés extérieurement et transmettraient le mouvement aux autres essieux situés sous le tender et la chaudière, à l'aide de manivelles placées en leur milieu.

Le châssis serait double.

Les cylindres seraient extérieurs et fixés au châssis double. Les côtés de la chaudière restant entièrement libres pourraient être flanqués de réservoirs d'eau indépendants de ceux du tender et utilisés pour augmenter le poids de la locomotive au pied de fortes rampes ; rendue au sommet, elle se débarrasserait de ce poids inutile.

Le poids total du moteur servirait donc à obtenir de l'adhérence. Ces machines jouiraient de tous les avantages du système Engerth sans en avoir les inconvénients.

Ainsi, d'après les données de M. Le Chatelier, ces machines, ayant un poids total en charge de 60 à 45 tonnes, pourraient remorquer respectivement un poids brut de 300 et de 200 tonnes sur une rampe de 0,02 (deux centimètres) par mètre avec une vitesse de 20 kilomètres

ERRATA

MÉMOIRE sur de nouvelles dispositions de Matériel Roulant

Par M. EDMOND ROY

NUMÉROS DES PAGES	NUMÉROS DES LIGNES	*Au lieu de*	*Lisez*
111	25	*et par suite* dans la fortune publique	*excepté* dans la fortune publique
114	10	fig. 1 et 8	fig. 1 et 9
116	17	fig. 7 et 8	fig. 8 et 9
128	13	$c =$ demi-*cercle*	$c =$ demi-*corde*
132	10	glissières en arc de cercle (fig. 31)	glissières en arc de cercle (fig. 30)
132	22	$xa = (1 - \cos \omega) \times \frac{r}{tang}$	$xa = (1 - \cos \omega) \times \frac{r}{tang\ \varphi}$
133	15	$d'm' = F + (r \times \theta)$	$d'n' = F + (r \times \theta)$
145	14	les coussinets placés *inférieurement*	les coussinets placés *intérieurement*
153	tableau	frais généraux, 3,000,000	frais généraux, 3,300,000
156	22	et nous ne tiendrons *par* compte	et nous ne tiendrons *pas* compte

Planché n° 67, fig. 30, la lettre e' doit être placée plus à droite, au-dessus de x, parce que $e'd'$ est la projection de $m'n'$ sur l'axe de la locomotive.

par heure, la tension de la vapeur étant 8 *at.*, le diamètre du piston étant 0,50 et sa course 0,66 pour la machine à 10 roues, et pour celle à 8 roues 0,45 diamètre et 0,60 de course.

Les machines à voyageurs seraient mixtes; les deux essieux, constamment parallèles, seraient seuls accouplés, et les dispositions principales seraient celles indiquées en pointillé.

La machine à 8 roues est plus spécialement convenable pour les courbes de 100 mètres de rayon.

Les glissières obliques de l'essieu du milieu s'appliqueraient également bien à la locomotive; les 2 essieux du milieu, qui sont fixes dans le canevas, se mouvraient transversalement, et chacun d'eux porterait une glissière inclinée pour commander, à l'aide de tirants analogues à ceux du wagon, le mouvement de convergence des essieux extrêmes, qui auraient alors leur position transversale fixe; mais la première disposition est préférable, parce qu'elle est plus simple.

Nous ferons remarquer que le poids énorme dont on a chargé les essieux de locomotives depuis quelques années a forcé les compagnies à remplacer tous les rails primitifs, pesant en moyenne 30 kilos le mètre courant, par de nouveaux, pesant de 37 à 40 kilos. Cette dépense, due à la seule augmentation de charge des locomotives sur les essieux moteurs, n'eût pas été nécessaire avec des locomotives dont le poids total eût pu être réparti sur 4 ou 5 essieux moteurs, ainsi que le permet de faire notre système de coussinets à glissière oblique.

Pour les lignes à grands rayons (500^{m}), les locomotives pourraient avoir trois essieux fixes, constamment parallèles : un derrière le foyer et deux en avant; puis l'essieu d'avant et celui d'arrière, sous le tender, seraient montés sur coussinets à glissière oblique, et accouplés par une seule bielle. On aurait ainsi 10 roues motrices.

CONCLUSION.

Notre matériel exige principalement un agencement spécial de coussinets demandant un peu plus de soin d'exécution et d'entretien que ceux actuels ; mais il permet de réaliser une économie de 10 0/0 dans le poids mort à transporter, de 20 à 25 0/0 sur les frais de traction du matériel actuel parcourant des lignes avec rayons minima de 300 mètres.

Voilà, croyons-nous, une large compensation aux frais supplémentaires qui pourront résulter de ces dispositions, et on aura toujours ainsi, en bénéfices nets, les économies à réaliser sur la construction de la voie.

En résumé, les avantages que présente notre système sont les suivants :

1° Suppression des chances de déraillement dans les courbes, dues au parallélisme des essieux du matériel actuel ;

2° Facilité d'employer sans danger les courbes de 100m,00 de rayon ;

3° Economie de 50 0/0 dans les frais de construction des chemins de fer à établir en pays de montagne ;

4° Réduction du poids mort à transporter ;

5° Diminution de la résistance à la traction, et de l'usure des bandages des roues par la combinaison des essieux brisés et des coussinets à glissière ;

6° Possibilité de construire des locomotives aussi légères que leur puissance le permettrait, pour franchir les fortes rampes, en utilisant d'une manière absolue le poids de tout l'appareil moteur.

Enfin il y a encore la question d'intérêt public ; car des lignes à bon marché pourront être créées pour desservir et relier entre eux les centres éloignés des grands réseaux, établir ainsi l'équilibre commercial, industriel et stratégique, et permettre le plus grand développement possible des richesses agricoles.

NOTES ET COMPARAISONS.

LOI SUIVANT LAQUELLE DOIVENT SE MOUVOIR LES EXTRÉMITÉS DES ESSIEUX EXTRÊMES D'UN WAGON A TROIS ESSIEUX POUR QUE CES ESSIEUX SE TROUVENT TOUJOURS PLACÉS NORMALEMENT A LA VOIE.

(Pl. 67, fig. 28.)

La loi de mouvement des extrémités d'essieux que nous allons donner repose sur deux hypothèses de tolérance de calculs.

Nous dirons aussi de suite que nous pensons que le minimum des rayons de courbure à employer dans la construction des chemins de fer est de 100^{m}.00.

Considérant ce rayon de courbure minima, les deux hypothèses que nous faisons sont :

1° Que la sécante d'un arc de 2° d'amplitude et de 1 mètre de rayon est égale aux rayon ;

2° Que, dans une division, le diviseur peut varier au maximum de $\frac{12}{20000}$ de sa valeur sans que le quotient varie.

Ces conditions établies, soit une droite *og* représentant l'axe d'un wagon et de la voie en ligne droite, sur le milieu et aux extrémités de laquelle nous élevons trois perpendiculaires aa', xx' et dd', dont nous appellerons la longueur L, et qui seront divisées en deux parties égales par *og*, lesquelles représenteront les trois essieux d'un wagon dont les deux extrêmes pourraient se mouvoir transversalement, et celui du milieu resterait fixe. — Portant sur la perpendiculaire $x\,x'$ prolongée une distance $xi = R$, rayon de courbure de la voie, et décrivant avec ce rayon, du point *i* comme centre, l'arc dg tangent à *og*, il coupera la perpendiculaire $a\,a'$ au point *e*. La

flèche XK de cet arc sera égale à $o\,o' = g\,g'$; nous la désignerons par F.

Si nous faisons glisser la droite $a\,a^1$ sur elle-même, jusqu'à ce que son milieu o soit en o', et, par suite, d'une quantité égale à F, les extrémités viendront en a_1 en a'_1 et on a aussi $a\,a_1 = F$; maintenant, faisant osciller la droite $a_1\,a'_1$ autour de son milieu o' jusqu'à ce qu'elle soit normale à l'arc de cercle, elle viendra prendre la position $b\,b'$, suivant le rayon passant par o'.

La convergence par mètre courant de la partie de rayon bb' par rapport à celui $x\,x'$ du sommet de l'arc sera $= \frac{o'\,K}{R} = \frac{C}{R}$, et pour la demi-longueur $o'\,b = o\,a$ de l'essieu $= \frac{L}{2}$, cette convergence $a_1 b = \frac{C\,L}{2\,R}$ (*valeur de* $a_1 b$ *suivant la première hypothèse*).

c = demi-cercle de l'arc $o'xg$ = distance entre l'essieu fixe et l'essieu mobile que l'on considère.

La résultante des deux mouvements que nous avons fait faire à l'essieu $a\,a'$ pour le rendre normal à la voie est pour l'extrémité a la droite $a\,b$, et pour l'extrémité a' la droite $a'\,b'$.

Considérant $a\,b$, son obliquité par mètre courant, par rapport à la position $a\,a'$ de l'essieu pour marche en ligne droite, nous est donnée par le rapport des deux côtés de l'angle droit du triangle rectangle $b\,a_1\,a$ (*triangle rectangle d'après notre première hypothèse*).

Appelant Δ cette inclinaison par mètre courant, nous avons :

$$\Delta = \frac{b\,a_1}{a\,a_1}$$

mais

$$b\,a_1 = \frac{C\,L}{2\,R}$$

$$a\,a_1 = F$$

d'où

$$\Delta = \frac{C\,L}{2\,R\,F}$$

On obtiendrait le même résultat pour l'extrémité a'.

Si nous prenons un nouveau rayon de courbure R' dont la flèche

sera F′; C et L, longueur et écartement des essieux, étant deux quantités constantes pour un même wagon, nous aurons $\Delta = \frac{CL}{2R'F'}$.

Trajectoire de mouvement des coussinets.

En considérant divers rayons de courbures et déterminant par la formule $\Delta = \frac{CL}{2RF}$, pour chacun de ces rayons, la position de chaque extrémité d'essieu, on obtiendra la trajectoire de mouvement des extrémités d'essieu pour qu'ils se trouvent toujours placés normalement à la voie par suite de l'action des rails sur les boudins des roues, qui les poussent à droite ou à gauche, suivant l'inflexion de cette voie. — Mais, dans la valeur Δ, le numérateur CL étant constant, la loi suivant laquelle varieront tous les dénominateurs $2RF$, $2R'F'$, $2R''F''$, etc, déterminera la trajectoire de mouvement de chaque extrémité d'essieu, et, si les valeurs des dénominateurs étaient toutes égales entre elles, Δ serait une quantité constante, et la trajectoire serait une ligne droite.

Pour satisfaire à cette dernière condition, il faudrait donc que l'on eût :

$$2RF = 2R'F', \text{ et par suite } 2RF - 2R'F' = o.$$

D'après le triangle rectangle IKg' on a :

$$R^2 = C^2 + m^2 \qquad m = R - F$$
$$R^2 = C^2 + R^2 - 2RF + F^2$$

d'où $C^2 = 2RF - F^2$.

Pour un autre rayon quelconque R′, C étant constant, on a.

$$C^2 = 2R'F' - F'^2$$

d'où $2RF - F^2 = 2R'F' - F'^2$

et $2RF - 2R'F' = F^2 - F'^2$;

or, si nous faisons R′ presque égal à l'infini, F′ sera presque égal à zéro ; d'où il résulte que la plus grande différence de valeurs des

dénominateurs, pour un rayon infiniment grand et R rayon minima, sera moindre que F^2.

La valeur de F pour les courbes de R = 100 mètres avec le plus grand écartement d'essieux mesuré à partir du sommet de l'arc compris entre les deux essieux fixes, indiqué par notre canevas de locomotive (4.70), est F = 0,1105, d'où $F^2 = 0{,}012210$, différence qui ne peut avoir d'influence sensible sur le quotient d'une division dans laquelle le dividende renferme 10 unités et le diviseur 22

Cette différence sera encore bien moindre pour les wagons, où nos écartements d'essieux sont indiqués à 2m.60, pour lequel écartement on a pour passage dans une courbe de 100 mètres F = 0,0338 et $F^2 = 0{,}00114$.

Donc, pratiquement parlant, le dénominateur de la valeur $\Delta = \frac{CL}{2RF}$ peut aussi être considéré comme une quantité constante, et la trajectoire de mouvement de chaque extrémité d'essieu, pour qu'il se trouve toujours posé normalement à la voie parcourue, est une ligne droite dont l'obliquité par mètre courant, par rapport à une perpendiculaire à l'axe longitudinal du wagon, est donnée par la formule $\Delta = \frac{CL}{2RF}$, et plus simplement $\Delta = \frac{L}{C}$, en négligeant F^2 dans la valeur de C^2.

Trajectoire en arc de cercle.

La trajectoire droite faisant glisser le coussinet parallèlement à lui-même, tandis que l'essieu prend, par rapport à sa position normale pour la marche en ligne droite, des obliquités qui peuvent aller jusqu'à 2° 30′, il en résulte que les axes des tourillons et des coussinets ne sont pas toujours dans un même plan et qu'il y a coinsement. — Pour obvier à cet inconvénient, nous avons adopté des trajectoires en arc en cercle, dont le rayon est déterminé par le rayon d'une circonférence tangente aux deux plans de glissement passant par le milieu des tourillons de l'essieu ; les oscillations à droite

et à gauche des essieux, suivant les rayons des courbes parcourues, étant faibles, le résultat obtenu pour la convergence de ces essieux est sensiblement le même qu'avec la trajectoire droite (*fig.* 30).

FORMULES RELATIVES AUX ÉPURES DE MOUVEMENT DES ESSIEUX DE LA LOCOMOTIVE.

(Pl. 67.)

En construisant des épures (*fig.* 29 et 30), pour nous rendre compte du mouvement du milieu des essieux montés sur glissière oblique, ayant exagéré de beaucoup le rayon de courbure, la longueur des manivelles, afin que ces épures indiquassent parfaitement ce qui se passait, nous avons trouvé que l'application des glissières droites faisait que les milieux d'essieux s'éloignaient les uns des autres pour le passage dans les courbes, et que les glissières et arc de cercle les rapprochaient. Alors nous avons cherché les valeurs exactes de cet éloignement et de ce rapprochement, qui sont données par les formules ci-après.

Valeur de l'éloignement, du milieu de l'essieu, de la flèche X, dans son mouvement de *aa'* en *bb'*.

1° *Glissières droites* (fig. 29).

Angle $caa' = a$

Id. $cbb' = b = 180° - (c + b')$

Id. $cb'b = b'$

Id. $bcb' = c = 180° - 2a$

On a $\sin a = \Delta = \dfrac{C.L}{2R.F}$

$bb' = L$

$aa_1 = F$

$ac = \dfrac{L}{2\cos a}$

$$ab = a'b_1 = \frac{F}{\cos a}$$

$$a_1 b = \frac{F}{tang\ a}$$

$$cb = ac - ab = \frac{L - 2F}{2\cos a}$$

$$\sin b' = \frac{\sin c\,(L - 2F)}{2\cos a \,.\, L}$$

$$cb' = \frac{\sin b \times L}{\sin c}$$

$$a'b' = cb' - ac$$

$$b'b_1 = ab - a'b'$$

$$b'b'' = \frac{b'b_1 \times a_1 b}{ab}$$

$$o_1 o' = \frac{bb''}{2}$$

2° *Glissières en arc de cercle* (fig. 31).

Rayon des arcs des glissières des coussinets courbes, et position du milieu des essieux (Pl. 67).

φ = Angle du plan des glissières avec l'axe de l'essieu en position normale.

$$\sin \varphi = \Delta = \frac{2R.F}{C.L}$$

$$a'X = F$$

r = Rayon de l'arc des glissières.

on a

$$r = \frac{L}{2\sin \varphi}$$

$$ra = \frac{r}{tang\ \varphi}$$

ω = Angle xra'

$$\sin \omega = \frac{F\ tang\ \varphi}{r}$$

$$xa = (1 - \cos \omega) \times \frac{r}{tang}$$

ma = Distance normale entre les axes des deux essieux successifs.

$$mx = ma - xa$$

$$m'a' = \sqrt{mx^2 + (F - mm')^2}$$

3° *Mouvement des bielles* (fig. 29, 30 et 31).

Distance entre les axes des manivelles du milieu des essieux lorsque la locomotive parcourrait une courbe, ou variation de longueur que devraient avoir les bielles pour les positions extrêmes.

Distance normale entre les axes des manivelles $= kg$

Rayon des manivelles d'accouplement $= ek = r$

θ = Convergence par mètre courant des essieux, par rapport au rayon passant par le sommet de l'arc embrassé par les essieux $= \frac{C}{R}$

$$e'm' = F - (r \times \theta)$$

$$d'm' = F + (r \times \theta)$$

$$e'd' = \sqrt{4r^2 - (2r.\theta)^2}$$

$$mx = kg + o'o_1 + r - \frac{e'd'}{2}$$

$$m'x = e'm' - em$$

Si au lieu de deux essieux il n'y en avait qu'un, cet essieu se trouverait alors au sommet de l'arc en X. em serait égal à zéro.

$$mm' = \sqrt{mx^2 + m'x^2}$$ Position d'arrière.

$$nx' = kg + o'o_1 + \frac{e'd'}{2} - r$$

$$x'n' = d'n' - em$$

$$nn' = \sqrt{nx'^2 + n'x'^2}.$$ Position d'avant.

En appliquant ces formules au cas de passage de la locomotive à 10 roues dont le canevas est (Pl. 68, *fig.* 32) dans des courbes de 300m.00 et de 100m.00 de rayon, nous avons obtenu les résultats indiqués dans les tableaux ci-après :

CONDITIONS A SATISFAIRE

DANS LE MOUVEMENT DES ESSIEUX.

VALEUR DE C	VALEUR DE F	CONVERGENCE des essieux par mètre courant. θ	POUR UN ÉCARTEMENT de 1m.90 entre les axes des coussinets. Rapprochement des essieux.	POUR UN ÉCARTEMENT de 1m.90 entre les axes des coussinets. Obliquité du plan de glissement Δ	OBSERVATIONS.
Application à la courbe de R = 300 m.					
1.10	0.00202	0.00367	»	»	Essieu fixe.
3.10	0.01600	0.01033	0.01963	0.6184	Inclinaison calculée.
		0.01129	0.02240	0.70002	Inclinaison appliquée pour compenser le jeu nécessaire aux roues et glissières.
4.70	0.03684	0.01567	0.02977	0.4040	Inclinaison calculée.
		0.01842	0.03684	0.5000	Id. à appliquer.
Application à la courbe de R = 100 m.					
1.10	0.0061	0.0110	»	»	Essieu fixe.
3.10	0.0476	0.0310	0.0589	0.6187	Inclinaison calculée.
		0.0348	0.06614	0.70002	Inclinaison appliquée pour compenser le jeu des boudins des roues.
4.70	0.1105	0.0470	0.0893	0.4040	Inclinaison calculée.
		0.05575	0.01105	0.5000	Id. à appliquer.

DISTANCE ENTRE LES AXES DES MANIVELLES DU MILIEU DES ESSIEUX

LORSQUE LA LOCOMOTIVE PARCOURRA UNE COURBE.

DISTANCE normale entre manivelles ou en ligne droite.	RAYON DES COURBES.	1re BIELLE EN POSITION		2e BIELLE EN POSITION		DIFFÉRENCE moyenne entre la distance normale et celle après mouvement	OBSERVATIONS.
		d'avant.	d'arrière.	d'avant.	d'arrière.		
		1° Avec glissières droites.					
m.	m.	m.	m.			m.	
2.00	300	2.000109	2.000106	»	»	0.0001075	Allongement pour machine à 8 roues.
1.60	300	»	»	1.600174	1.600170	0.0001720	
Allongement total . . .						0.0002795	
2.00	100	2.000818	2.000880	»	»	0.000849	Pour 8 roues.
1.60	100	»	»	1.601445	1.601500	0.001471	
Allongement total . . .						0.002320	
		2° Glissières en arc de cercle.					
2.00	300	1.9999060	1.999905	»	»	0.0000944	Raccourcissement pour machine à 8 roues.
1.60	300	»	»	1.599886	1.599890	0.0001120	
Raccourcissement total .						0.0002064	
2.00	100	1.99972	1.999716	»	»	0.000282	Id. pour 8 roues.
1.60	100	»	»	1.599000	1.599020	0.000990	
Raccourcissement total.						0.001272	

Le dernier tableau montre clairement que les glissières planes ou les glissières courbes peuvent être employées en toute sécurité pour les courbes de 300 mètres; que la préférence doit être donnée aux glissières courbes : 1° comme donnant moins de différence dans les mouvements entre les distances des axes des essieux; 2° parce que leur mode d'ajustement fait que, dans les mouvements à droite et à gauche, les génératrices du coussinet restent toujours parallèles à celles du tourillon;

Que pour le passage dans les courbes de 100 mètres avec les glissières droites il faudrait, avec le type que nous présentons, ne pas accoupler l'essieu d'avant; on n'aurait ainsi que quatre paires de roues accouplées.

Nous avons indiqué par de petits arcs pointillés la position que devrait avoir chaque extrémité de manivelle pour répondre à la longueur normale des bielles; et l'exagération donnée à la courbure et aux longueurs de manivelles de notre épure permet d'apprécier ces différences, car elles sont triples des valeurs réelles obtenues.

En remarquant les effets produits dans le mouvement des essieux par les deux dispositions de coussinets à glissière dont nous avons fait l'application sur nos épures, on voit que les glissières droites font éloigner les essieux, et que les glissières circulaires les font rapprocher; or, si on applique simultanément au même essieu ces deux dispositions, le mouvement de rapprochement de l'une des extrémités fera compensation au mouvement d'éloignement de l'autre extrémité. C'est cette disposition que nous avons appliquée dans l'épure (Pl. 67, *fig.* 31), et de laquelle il résulte qu'en effet l'allongement de la première bielle n'est que la moitié de celle trouvée sur l'épure avec glissières planes, soit donc 0,00042, et pour le second essieu l'éloignement et le rapprochement sont zéro dans un sens du mouvement et 0,0005 dans l'autre; donc, en combinant les deux dispositions de coussinets, l'un étant sur un côté de la machine, l'autre sur le côté opposé, on arrivera à pouvoir faire passer dans des cour-

bes de 100 mètres de rayon des machines à cinq paires de roues accouplées, ayant 7m.80 entre les axes des essieux extrêmes.

Toutefois, nous l'avons déjà dit, la machine à marchandises à huit roues motrices seulement (Pl. 68, *fig.* 34, 35), dont l'écartement des essieux extrêmes ne serait que de 6 mètres, nous semble préférable pour les chemins de fer ayant des courbes de 100 mètres de rayon.

Pour les réseaux n'ayant que des courbes à grands rayons, au lieu de n'avoir que deux essieux fixes, on pourrait en avoir trois, qui seraient alors accouplés extérieurement, et les deux essieux extrêmes, d'avant et d'arrière, seraient montés sur coussinets à glissière; ils pourraient être simplement essieux porteurs, ou être accouplés par le milieu. Cette disposition nous semblerait bien supérieure à celle du système Engerth, parce qu'elle permet l'accouplement de dix roues sans engrenages, que les cylindres sont bien plus solidement attachés aux châssis, ne sont point en porte-à-faux, et que les pistons pourraient être guidés par les deux extrémités des cylindres. Tous les mouvements de la machine seraient extérieurs et placés vers le milieu.

Enfin l'application de nos coussinets à glissière oblique permet de disposer l'écartement et la position des essieux absolument comme on le voudra, puisque la courbure de la voie n'est plus un obstacle à la circulation facile d'une locomotive ayant ses essieux plus ou moins écartés.

Nous serons heureux si notre travail peut aider à activer l'importante question des chemins de fer à petits rayons (100 mètres), et nous pensons avoir présenté la question sous un nouveau point de vue pratique, eu égard à notre mode de détermination de la trajectoire du mouvement à faire subir aux extrémités d'essieux pour qu'ils soient toujours normaux à la voie parcourue.

Il y a dans ce mouvement des essieux beaucoup d'analogie avec le parallélogramme de Watt : l'un est à l'arc de cercle ce que l'autre est à la ligne droite; ils sont l'un et l'autre, pour la pratique, suffisamment exacts, mais ne sont pas mathématiquement vrais.

PASSAGE DU POINT MORT DE LA MANIVELLE DES ESSIEUX ACCOUPLÉS PAR UNE SEULE BIELLE.

On pourrait craindre que le passage du point mort de la manivelle de ceux de nos essieux de type de locomotive à marchandise qui ne sont accouplés à l'un des essieux moteurs que par une seule bielle ne s'effectuât pas bien en toute circonstance; mais cette crainte n'est point fondée ;

1° Parce que, dans les circonstances ordinaires, l'adhérence des roues sur les rails tendra toujours à les faire tourner dans le même sens et avec la même vitesse que les autres roues.

2° Parce que, avec la disposition de manivelles que nous indiquons (Pl. 68, *fig.* 36), il n'y aura jamais, dans la locomotive à 8 roues, 2 bielles qui se trouveront au point mort en même temps, et que, par suite, au moment du démarrage dans une gare, là où le profil a toujours une faible déclivité, si ce n'est un palier, si une manivelle d'essieu extrême se trouvait au point mort, il y aurait toujours 6 roues sur les manivelles desquelles les bielles auraient pleine action; dans ces conditions le moteur dispose donc des 3/4 de sa puissance d'adhérence : quantité plus que suffisante dans les conditions de profil indiquées lorsque le convoi doit franchir en route des rampes de 0,010 à 0,020.

3° Nous proposons de faire pleines les roues des essieux extrêmes accouplés par une seule bielle, afin que ces roues fassent volant, et que, par la puissance vive acquise dans la marche ordinaire, cette puissance puisse exercer un effort assez considérable pour vaincre l'adhérence des roues sur les rails et faire franchir quand même le point mort à la manivelle, dans le cas où il y aurait patinage en marche. Ces roues auraient une partie évidée au droit de la manivelle, afin que le centre de gravité de l'essieu coudé de ses roues et

de la masse d'une demi-bielle soit toujours dans le plan vertical de l'axe de l'essieu.

En admettant que l'espace angulaire que devra pouvoir faire parcourir aux roues leur puissance vive sans aucun secours de la bielle soit de 45°, ce qui suppose l'action de la bielle unique sans action efficace 22° 1/2 avant et 22° 1/2 après le point mort ;

Désignant la vitesse angulaire des roues par V, l'effort en kilogrammes qu'exerceraient les 2 roues à leur pourtour pendant un parcours angulaire de 45° par F, l'espace parcouru par E, le rayon extérieur des roues par r, le poids des 2 roues d'un même essieu par P, et appliquant la formule

$$FE = \frac{Pr^2V_1^2}{4g}$$

pour diverses vitesses et pour les cas de roues ordinaires et de roues pleines, on obtient pour valeur de F les quantités indiquées au tableau ci-dessous :

DIMENSIONS et POIDS DES ROUES.	VITESSE DU CONVOI PAR		VALEURS DE F EN KILOGRAMMES	
	seconde.	heure.	Roues ordinaires.	Roues pleines.
	m.	m.	kil.	kil.
Diamètre $2r = 1{,}10$	7.00	25200	4727	9454
Epaisseur $= 0{,}125$	5.50	19800	2917	5833
Poids $= P$	4.00	14400	1643	3286
Roues pleines $= 1800$ kil.	3.00	10800	866	1733
Id. ordinaires $= 900$	2.50	9000	601	1202

La charge par paire de roues étant supposée de 10 tonnes, dans un temps sec ordinaire l'adhérence des roues sur les rails étant 0,25 de la charge, dans un temps pluvieux ou humide cette adhérence n'étant plus que 0,10 de la charge, il résulte du tableau qui précède que la puissance vive que posséderont les roues pour faire franchir quand même le point mort à la manivelle, dans le cas de patinage en temps pluvieux, sera suffisante pour les roues ordinaires à la vitesse de 12 kilomètres, pour les roues pleines à la vitesse de 9 kilomètres. Dans le cas de patinage en temps sec, ce qui n'est point admissible, attendu que le patinage, dans ces conditions, fait voir que la charge à remorquer par la machine serait au delà de la puissance normale, la puissance vive des roues ferait néanmoins franchir le point mort, pour les roues ordinaires à la vitesse de 16 kilomètres, pour les roues pleines à la vitesse de 12 kilomètres.

Ainsi, dans des conditions de vitesses bien inférieures aux vitesses minima des convois de marchandises, on n'a pas à craindre que les manivelles des essieux accouplés par une seule bielle ne franchissent pas facilement leur point mort.

Si on considère la vitesse ordinaire des convois de marchandises, on voit que l'effort qu'exercerait la puissance vive des roues serait pour les roues ordinaires 4 fois plus grand que l'adhérence, et pour les roues pleines 10 fois cette adhérence.

TABLEAUX INDIQUANT LES CONDITIONS A SATISFAIRE POUR LE PARCOURS DES COURBES.

Tableau n° 1. — Différence de développement des circonférences de bandage des deux roues d'un même essieu pour des diamètres dont les différences peuvent provenir d'usure ou d'un défaut de construction.

Tableau n° 2. — 1° Différence de développement entre le rail intérieur et le rail extérieur pour divers rayons de courbures; 2° Convergence que doivent avoir les essieux dans ces courbes de divers rayons pour qu'ils soient normaux à la courbe, et cela pour des écartements d'essieux de 2m.50 et 2m.60.

TABLEAU N° 1.

DIFFÉRENCE de diamètres des bandages de deux roues d'un même essieu.	DIFFÉRENCE de développement de circonférence des bandages pour diamètre type de 1 mètre.	
	Pour 1,000 tours.	Pour parcours d'un kilomètre.
0.001	3.15	1.003
0.002	6.49	2.065
0.003	9.13	2.938

TABLEAU N° 2.

RAYON des courbes.	DÉVELOPPEMENT total des circonférences moyennes.	DIFFÉRENCE de développement par mètre courant entre les rails	ANGLE AU CENTRE comprenant un arc d'un développement de		FLÈCHE D'UN ARC d'un développement de		CONVERGENCE DES RAYONS ayant sur la circonférence moyenne un écartement de					
							2 m. 50			2 m. 60		
			5 m. 00.	5 m. 20.	5 m. 00.	5 m. 20.	par mètre courant.	pour une longueur de 1.10	pour une longueur de 1.90	par mètre courant.	pour une longueur de 1.10	pour une longueur de 1.90
500	3141.60	0.0030	34′,37	35′,75	0.00625	0.00675	0.00500	0.00550	0.00950	0.00520	0.00572	0.00988
400	2513.28	0.00375	42′,96	44′,69	0.00781	0.00848	0.00625	0.00688	0.01188	0.00650	0.00715	0.01235
300	1884.96	0.0050	57′,28	59′,59	0.01040	0.01128	0.00833	0.00916	0.01583	0.00867	0.00954	0.01647
250	1570.80	0.0060	1°8′,74	1°11′,51	0.01249	0.01353	0.01000	0.01100	0.01900	0.01040	0.01144	0.01976
200	1256.64	0.0075	1°25′,92	1°29′,38	0.01562	0.01686	0.01250	0.01375	0.02375	0.01300	0.01430	0.02470
150	942.48	0.0100	1°54′,57	1°59′,15	0.02084	0.02253	0.01667	0.01834	0.031673	0.01733	0.01906	0.03293
100	628.32	0.0150	2°51′,85	2°58′,76	0.03124	0.03380	0,02500	0.02750	0.0475	0.02600	0.02860	0.04940

De la comparaison des tableaux nos 1 et 2 il résulte que, si les 2 roues d'un même essieu rigide ont une différence de diamètre de 0,003, ou si, par suite de la conicité donnée aux bandages, les circonférences du contact de roulement diffèrent de 0,003 de diamètre, il résulte que cet essieu offre, pour le parcours en ligne droite, autant de résistance que s'il parcourait une courbe de 500 mètres de rayon ayant des roues de diamètres égaux, et que, si, dans le parcours d'une courbe de 500 mètres, c'est la roue du plus petit diamètre qui roule sur le rail extérieur, la résistance sera la même que si l'essieu avait à parcourir une courbe de 250 mètres de rayon, ses roues ayant des diamètres égaux.

Toutes ces différences de développement ou d'espace à parcourir par un essieu sur lequel les roues sont rigidement fixées donnent lieu à une augmentation considérable de résistance de traction ; ainsi, entre un chemin de fer ayant des rayons minima de 800 à 1000 mètres et un dont les rayons minima sont de 300 mètres, pour ce dernier cette résistance est de 25 à 30 0/0 plus forte que pour le premier.

Cette rigidité est, en outre, une cause très grande d'usure des bandages : elle sollicite le mouvement de lacet. Elle fait tendre beaucoup plus au déraillement dans les courbes que si chacune des roues d'un même essieu pouvait se mouvoir séparément, parce que le système formé par les 2 essieux et les roues d'un wagon représente deux cylindres dont les axes sont constamment parallèles, et qui, en roulant, tendent forcément à suivre la ligne droite. Si, au contraire, les roues se mouvaient indépendamment l'une de l'autre, 1° la résistance de traction serait beaucoup moindre, 2° les deux essieux, tout en restant paralleles, ne formeraient plus avec les roues un système aussi rigide pour la direction en ligne droite, le wagon obéirait mieux au changement de direction que le rail lui imprime dans les courbes, et par suite tendrait moins à dérailler.

Telles sont les principales considérations qui nous ont conduit à l'étude de l'essieu brisé.

Pour répondre aux diverses objections de graissage et de défaut de résistance de notre ajustement d'essieu brisé, nous dirons que : 1° le mouvement de roulement qui se produit dans cet ajustement n'est qu'un mouvement différentiel dû à la différence des bandages des roues d'un même essieu ou de développement entre le rail inté-

rieur et le rail extérieur d'une courbe : ainsi, dans une courbe de 100 mètres de rayon, la roue roulant sur le rail extérieur fera un tour de plus que celle roulant sur le rail intérieur dans un parcours de 653 mètres ; 2° le moment de résistance de notre ajustement est double de celui des tourillons supportant le poids du wagon, et l'essieu n'est plus soumis aux efforts de torsion qui résultent, pour les essieux sur lesquels les roues sont fixées, des causes énoncées ci-dessus.

Toutefois, nous le répétons, la question des essieux brisés est toute secondaire.

L'écartement d'axe en axe des boîtes à graisse, de 1^{m}.10, correspond au cas des boîtes placées intérieurement par rapport aux roues ; celui de 1^{m}.90 au cas où elles sont placées extérieurement.

TABLEAU N° 3.

Le tableau suivant donne l'obliquité par mètre courant des plans de glissement des coussinets et boîtes à graisse par rapport à l'axe de l'essieu.

RAYON des courbes.	POUR UN ÉCARTEMENT entre les axes des deux essieux successifs.			
	de 2 m. 50		de 2 m. 60	
	avec écartement entre les axes des boîtes à graisse			
	de 1 m. 10.	de 1 m. 90.	de 1 m. 10.	de 1 m. 90.
500	0.4400	0.7604	0.4237	0.7318
400	0.4403	0.7605	0.4216	0.7294
300	0.4408	0.7610	0.4229	0.7300
250	0.4403	0.7606	0.4228	0.7302
200	0.4402	0.7602	0,4235	0.7325
150	0.4400	0.7600	0.4230	0.7308
100	0.4401	0.7602	0.4230	0.7307

Nous préférons l'écartement de 2m.60 à celui de 2m.50, parce que 1° dans l'un et l'autre cas il faut passer sur des plaques tournantes de 5m.70, 2° on a une superficie de plate-forme plus convenable pour faire travailler chaque essieu, 3° l'inclinaison des plans de glissement des coussinets diminue avec l'écartement des essieux.

Pour compenser le jeu qu'il est nécessaire de donner, et qui résulte aussi de l'usure, entre les boudins des roues et les rails, des tourillons dans leurs coussinets, des glissières dans les oreilles des boîtes à graisse, nous adoptons les inclinaisons suivantes pour l'écartement d'axe en axe des boîtes à graisse:

1° Pour 1m.10 une inclinaison de 0.50 ou 26°.54.
2° Pour 1m.90 id. 0.809 ou 36°.

Pour un chemin à voie large (1,70 à 1,80), les coussinets placés inférieurement aux roues nous semblent préférables; mais, pour la voie de 1m.51, ils seraient trop rapprochés; il nous paraît préférable de les placer extérieurement aux roues.

COMPARAISON ENTRE LE MATÉRIEL ACTUEL ET CELUI QUI RÉSULTERAIT DE NOS NOUVELLES DISPOSITIONS.

Nous allons faire la comparaison des deux trains formés, l'un avec les wagons actuels à 4 roues, et l'autre avec nos wagons à 6 roues.

Train à voyageurs de 10 *wagons à* 4 *roues et* 7 *wagons à* 6 *roues.*

INDICATIONS DIVERSES.	QUANTITÉS POUR WAGONS à 4 roues.	QUANTITÉS POUR WAGONS à 6 roues.	OBSERVATIONS.
Longueur des caisses.	5m.50	8m.20	Un wagon à 6 roues contiendra :
Id. compris les tampons. . .	6m.50	9m.20	
Wagons de 1re classe.	2	wagons	De 1re. . . 8
Id. de 2e classe	4	mixtes.	De 2e. . . 20
Id. de 3e classe.	4	7	De 3e. . . 30
			58
Nombre total des places offertes de 1re classe.	48	36	
de 2e classe.	160	165	Totaux :
de 3e classe.	180	195	4 roues. . . 388
			6 roues. . . 406
Longueur totale du train, non compris machine, tender et fourgon à bagages.	65m.00	64m.40	
Espace perdu.	10m.00	7m.00	
Longueur de convoi utilisée pour les voyageurs	55m.00	57m.40	Le train avec voitures à 6 roues contient aussi 18 voyageurs en plus.
Paires de roues.	20	21	
Tampons de choc.	40	14	
Ressorts de traction.	20	14	
Crochets et chaînes de traction.	20	14	
Chaînes de sûreté.	40	28	

Train de marchandises. — 15 *wagons à* 4 *roues de* 10 *tonnes et* 10 *wagons à* 6 *roues de* 15 *tonnes.*

Paires de roues.	30	30	L'écartement des essieux des wagons à 6 roues étant le même que celui des wagons à 4 roues, la surface du wagon et la charge par essieu restent donc les mêmes.
Tampons de choc.	60	20	
Ressorts de traction	30	20	
Crochets et chaînes de traction.	30	20	
Chaînes de sûreté	60	40	
Longueur du convoi, non compris machine et tender	97m.50	92m.00	
Espace utile pour placer les marchandises	82m.50	82m.00	

Nous prenons un wagon à voyageurs mixte, parce que la dimension de nos wagons convient essentiellement à cette disposition. Des wagons de 1res seraient faits pour les trains express seulement.

Il résulte des deux comparaisons que nous venons de faire, pour un même nombre de voyageurs et un même tonnage à transporter, que l'économie des dépenses de construction et de poids mort à transporter, pour les tampons, ressorts de traction, chaînes et crochets, est en faveur de notre système de 33 0/0.

Nous avons aussi cherché quelle serait d'une manière certaine l'économie obtenue sur la construction et le poids mort à transporter, pour les wagons à marchandises à plate-forme et sans frein, en prenant pour terme de comparaison un wagon plate-forme à 4 roues, suivant le type du Grand-Central.

Le Tableau ci-dessous donne le résultat de cette comparaison.

DÉSIGNATION des types.	POIDS maxima de charge transportée.	POIDS du véhicule ou poids mort		PRIX de revient du véhicule	
		total.	par tonne.	total.	par tonne.
Grand-Central, 4 roues. . .	kil. 10.000	kil. 5121	kil. 502	fr. 3708	fr. c. 370,80
Edmond Roy, 6 roues. . .	15.000	6515	434	5000	333,30
Différence par tonne à l'avantage du type Edmond Roy			68		37 50

Ce tableau montre que l'économie de poids mort à transporter et du prix de revient des wagons à marchandises serait de 10 0/0.

En ce qui concerne les wagons à voyageurs, la réduction des ressorts, crochets, chaînes de traction, enveloppe extérieure du wagon, pour un même nombre de voyageurs, donnerait une économie qui ne serait pas moindre que celle que nous venons de démontrer pour les wagons à marchandises.

On nous dira peut-être : Mais votre matériel est beaucoup trop fort pour l'exploitation de réseaux secondaires, et donnera lieu à un poids mort considérable.

Comment fait-on aux États-Unis avec des wagons encore plus grands que les nôtres? Puis la solution est facile à résoudre, et serait même économique aux points de vue de la construction du matériel et de l'exploitation : ce serait en n'établissant, pour le service des marchandises, que des plates-formes sur lesquelles se placeraient, ainsi que cela se fait déjà au chemin de l'Est pour les houilles, 3 ou 5 compartiments indépendants du châssis, avec une disposition spéciale et économique pour les déposer sur les quais des petites gares, et reprendre les compartiments à expédier de ces gares; avec cette disposition, la partie principale du matériel n'aurait point à dormir dans les petites gares pour de faibles chargements.

Nous pensons qu'il y a là encore une grande question d'économie de matériel et d'exploitation à étudier; il en est de même pour les wagons à voyageurs, qui sont loin de se ressentir du degré de perfectionnement et d'élégance qu'a atteint la carrosserie.

COMPARAISON DES DÉPENSES DE CONSTRUCTION 1° AVEC COURBES DE RAYONS MINIMA DE 300 MÈTRES, 2° AVEC COURBES DE RAYONS MINIMA DE 120 ET 150 MÈTRES.

Chargé de la surveillance de la construction du chemin de fer Grand-Central (section du Lot à Montauban), pour la traversée du département de l'Aveyron, sur une longueur de 65 kilomètres, nous avons pu dresser un tableau comparatif des travaux et dépenses faits pour la construction de cette partie du chemin de fer, où le rayon minima des courbes est de 300^{m}.00, et de ce qu'il y aurait eu à faire et de ce qu'aurait coûté cette même partie avec l'application de courbes dont le rayon minima eût été de 120^{m}.00.

(*Voir le Tableau comparatif pages suivantes.*)

TABLEAU

DES TRAVAUX A EXÉCUTER ET DÉPENSES A FAIRE SUR LA PORTION DU CHEMIN DE
ET LA LIMITE SUD DU DÉPARTEMENT
(SECTION DU LOT A MONTAUBAN), AVEC DES RAYONS DE

DÉSIGNATION des TRACÉS.	SURFACE des terrains à acquérir.	CUBE de TERRASSEMENTS.	LONGUEUR des SOUTERRAINS.	NOMBRE la Diége.
Tracé d'exécution avec courbes de 300 mètres de rayon minima	h. 200	3,150,000 m.	3,930 m.	5
Tracé avec application de courbes de 120 mètres de rayon minima	h. 200	1,400,000 m.	1,560 m.	3
Prix moyen de l'unité. .	6,000 fr.	2 fr. 50	1,500 fr.	80,000 fr.
				DÉPENSES COMPARATIVES
Dépenses avec courbes de 300 mètres	1,200,000 fr.	7,875,000 fr.	5,985,000 fr.	400,000 fr.
Dépenses avec courbes de 120 mètres	1,200,000 fr.	3,500,000 fr.	2,340,000 fr.	240,000 fr.
Différence en faveur des petites courbes.	»	4,375,000 fr.	3,645,000 fr.	160,000 fr.

Montant total des dépenses avec courbes de 300 m. de rayon . .

Id. avec courbes de 120 m. de rayon. . .

Différence en faveur des petites courbes. . . . . .

Economie. . . . . 35 0/0; ajoutant l'économie de 10 0/0 sur

Allongement de parcours, 7 kilomètres; soit 11 0/0. (Cet allongement devient et c'est le cas qui se

(*a*) Comprend les aqueducs pour l'écoulement des eaux, passages supérieurs et inférieurs, passag

(*b*) Comprend la fourniture des rails, coussinets, chevillettes, coins, traverses, pose de la v

NOTA. — Le cahier des charges autorise la Compagnie du Grand-Central à ne poser qu'une v

COMPARATIF

ER GRAND-CENTRAL DE FRANCE COMPRISE ENTRE L'EMBOUCHURE DU RIOU-MORT
E L'AVEYRON, SUR 65 KILOMÈTRES
OURBES MINIMA DE 300 MÈTRES ET DE 120 MÈTRES.

DE PONTS SUR		CUBE de murs de soutenement et perrés.	TRAVAUX COMPTÉS AU KILOMÈTRE.		
l'Algouse et l'Azou.	l'Aveyron.		ouvrages d'art secondaires (*a*).	fourniture et pose de la voie (*b*).	barrières et clôtures.
12	15	123,000 m.	65 k.	65 k.	65 k.
6	4	41,000 m.	72 k.	72 k.	72 k.
18,000 fr.	95,000 fr.	6 fr.	20,000 fr.	100,000 fr.	3,000 fr.
ITRE LES DEUX TRACÉS.					
216,000 fr.	1,425,000 fr.	738,000 fr.	1,300,000 fr.	6,500,000 fr.	195,000 fr.
108,000 fr.	380,000 fr.	246,000 fr.	1,440,000 fr.	7,200.000 fr.	216,000 fr.
			DIFFÉRENCES NÉGATIVES.		
108,000 fr.	1,045,000 fr.	492,000 fr.	140,000 fr.	700,000 fr.	21,000 fr.

Prix de revient par kilomètre.

. . 25,834,000 fr. . . . . 397,446 fr.

. . 16,870,000 fr. . . . . 234,306 fr.

. . 8,964,000 fr. . . . . 163,140 fr.

a construction du matériel roulant, on a 45 0/0.

n avantage là où on a besoin de développement pour franchir des faîtes; présente dans tous les pays montagneux.)

niveau, maisons et barrières, déviations de routes et chemins.

t pour double voie.

squ'à ce que la recette brute par kilomètre ait atteint 18,000 fr

En outre des données précédentes, qui résultent des évaluations faites par ordre de l'administration au moment où les travaux étaient déjà à moitié exécutés, en ce qui concerne le tracé avec courbes de 300m.00, et de l'évaluation que nous avons faite d'après l'application sur les plans d'un tracé à petites courbes, nous citerons le résultat des études faites pour franchir les Pyrénées par une ligne venant de Saragosse à Tarbes.

Ce renseignement nous a été donné par un inspecteur général des ponts et chaussées, sous la direction duquel le travail a été fait.

Deux études furent faites, l'une en appliquant des courbes de 150m.00 de rayon, l'autre en appliquant des courbes de 300m.00.

Le devis de la première étude présentait une dépense de (*courbes de* 150m.) 30,000,000 fr. 00

Le devis de la 2me (*courbes de* 300m.) 60,000,000 fr. 00

Notre tableau accuse une augmentation de parcours de 10 0/0 en suivant la direction des courbes de 300m.00; mais, si dans ces contrées le Grand-Central avait pu être construit avec des courbes de 100 mètres de rayon, on aurait pu venir des forges de Décazeville et d'Aubin à Villefranche, direction des houillères de l'Aveyron avec le sud-ouest, par la vallée de l'Alzou, et le parcours eût été de 44 kilomètres, au lieu de suivre les vallées du Lot, de la Diége puis de l'Alzou, par lesquelles le parcours est de 56 kilomètres, et cela d'autant plus facilement qu'aucune localité ou industrie importante ne réclamait la direction qui a été suivie plutôt que celle que nous indiquons.

On voit donc que les chemins à petits rayons, permettant de prendre pour ainsi dire toutes les directions, donneraient, dans les pays de montagnes, de grands raccourcis de parcours sur les chemins à plus grands rayons, qui ne peuvent suivre que des vallées principales, et necessitent souvent de grands détours.

COMPARAISON DES FRAIS D'EXPLOITATION.

On pourrait craindre que l'application de notre système de coussinets et d'essieux n'entraînât à des frais d'entretien du matériel roulant qui dépasseraient l'intérêt du capital supplémentaire qu'il aurait fallu engager pour construire les lignes de chemins de fer avec des courbes à grands rayons au lieu de rayons minima de 100 mètres, afin de pouvoir employer le matériel actuel.

Pour prouver que cette crainte n'est pas fondée, nous donnons ci-après la classification succincte des dépenses d'exploitation du chemin de fer de Paris à Orléans, avec ses prolongements, pendant l'année 1854. De cette classification nous déduisons le témoignage dont nous avons besoin.

DÉSIGNATION des DÉPENSES.	MONTANT des DÉPENSES.	RAPPORT de chaque nature de dépense à la dépense totale.	DÉTAILS et OBSERVATIONS.
	fr.		
Frais généraux de toute nature	3,000,000	0,15	Administration centrale, loyers, impôts, assurances, subventions à divers services.
Service d'emprunts	3,600,000	0,15	
Dépenses générales de l'exploitation.	6,000,000	0,26	Personnel, matériel et surveillance de la voie.
Entretien de la voie et des bâtiments	2,700,000	0,12	
Frais de traction, entretien des machines.	5,750,000	0,25	
Entretien des voitures et wagons	1,650,000	0,07	
Montant total des dépenses.	23,000,000	1,00	

La recette brute kilométrique a été pour 1854 de	42,000 fr.	00
La dépense kilométrique d'exploitation a été pour la même année de.	21,000	00
soit 50 0/0 de la recette brute.		
La dépense kilométrique pour entretien des voitures et wagons a été, d'après le tableau qui précède, de. . . . . 21,000 × 0,07 =	1,470	00
Or, notre invention n'affectant, comme entretien, que cette partie de l'exploitation, nous n'avons qu'elle à considérer.		
En supposant que ces frais d'entretien soient augmentés de 50 0/0 par suite de l'application de notre système de coussinets et d'essieux, ce serait une augmentation de dépense annuelle et par kilomètre de 1470 × 0.50.	735	00
laquelle représente, déduction faite de l'amortissement en 99 ans, un capital de.	14,582	00
Ajoutons encore pour imprévisions diverses 40 0/0	5,833	00
Total du capital qu'il faudrait économiser sur la construction, par kilomètre, pour qu'il y eût compensation	20,415	00

Ce résultat semblerait établir la base suivante pour limiter l'emploi du matériel actuel avec courbes de 500 mètres de rayon minima, et de notre système avec courbes de 100 de rayon minima : pour que ce dernier fut avantageux, il faudrait que l'augmentation des frais d'exploitation causés par l'application de notre système amenât, par suite de l'application des petites courbes, une économie par kilomètre dans la construction *au moins égale à la moitié de la recette brute annuelle et kilométrique.*

Le tableau des dépenses comparatives de construction qui précède présente une économie huit fois plus forte que celle que réclame le résultat consigné ici, et cela pour un chemin avec courbes de 300 mètres de rayon, et où, avec le matériel actuel, les frais de traction seront de 25 0/0 plus élevés que sur les lignes à grands rayons.

Ainsi que nous l'avons déjà dit, c'est principalement en vue des réseaux secondaires et des chemins de fer en pays de montagnes que nous présentons notre système; et nous ne croyons pas qu'il y en ait beaucoup qui puissent jamais espérer atteindre un trafic aussi important que celui du chemin de fer de Paris à Orléans. En admettant que leurs recettes kilométriques atteignent la moitié de celles d'un réseau aussi important, nous croyons qu'ils auraient encore un assez bel avenir; mais de ce que leur recette sera moins forte, il en résulte aussi, d'après la base précédente, établissant la limite entre l'application des courbes à grands rayons et de celles à petits rayons, que cette limite diminuera, et que, dans le cas des réseaux secondaires, l'avantage sera pour notre matériel roulant du moment que l'application des petites courbes amènera une économie de 10,000 fr. par kilomètre dans la construction de la voie.

Il n'est aucun tracé de chemin de fer dans lequel on n'eût économisé quatre ou cinq fois plus avec l'emploi des petits rayons.

TRANSBORDEMENT DES MARCHANDISES.

Le matériel actuel ne pouvant circuler sur les lignes ayant de petits rayons, il y aurait lieu à un transbordement des marchandises du matériel actuel sur le nôtre aux points de bifurcation; et, comme on pourrait craindre que cette manœuvre, qui peut n'être que provisoire du reste, par suite de la faculté qu'a le matériel que nous proposons d'aller indistinctement sur toutes les lignes, fût trop onéreuse, nous allons analyser les frais auxquels elle entraînerait.

En principe, le transbordement ne saurait être imputé totalement à l'impossibilité d'envoyer le matériel des grandes lignes sur les petites lignes, parce que, les marchandises à destination des directions transversales provenant des deux côtés opposés d'une même ligne principale et étant prises en différents points de cette ligne, les chargements des wagons ne sont pas toujours formés par des marchandises à destination unique : de là la nécessité de transborder les marchandises sur des wagons devant aller sur les directions transversales, pour éviter de faire faire de grands parcours à des wagons n'ayant que demie ou tiers de charge, réduire ainsi autant que possible le poids mort, pouvoir exploiter avec le moins de matériel possible et réduire à un minimum le capital de construction du matériel roulant.

C'est ce qui se fait déjà à tous les points de bifurcation, malgré la facilité qu'a le matériel actuel de circuler sur toutes les lignes existantes, pour les motifs exposés ci-dessus.

Néanmoins, pour éclairer complétement la question, nous admettrons que toutes les marchandises devant passer de la grande ligne sur l'embranchement à petits rayons seront chargées des frais de transbordement par le fait seul des petits rayons de cet embranchement, mais que pour les directions inverses, notre matériel pouvant circuler parfaitement sur la grande ligne, il n'y aura pas lieu à transbordement, et nous ne tiendrons par compte des marchandises en retour pour la petite ligne que nos wagons pourront prendre sur la ligne à grands rayons.

Nous considérerons un embranchement de 150 à 200 kilomètres seulement, distance moyenne entre les chef-lieux de département.

Dans ces conditions, le transbordement d'une tonne de marchandise coûtant 1 fr., et sans considérer le transport local, chaque tonne de marchandises circulant sur l'embranchement sera donc grevée de 50 centimes.

Le prix moyen de transport par tonne et par kilomètre étant de 8 à 9 centimes, les frais de transbordement viendront donc grever la recette brute kilométrique des marchandises de $3\frac{1}{2}$ 0/0, et, la

recette des marchandises correspondant en moyenne à la recette des voyageurs, le transbordement grèvera la recette brute totale kilométrique de 1 fr. 75 c. 0/0, soit, en nombre rond, 2 0/0; et, pour un chemin faisant 20,000 fr. de recette brute kilométrique, on aura une réduction de bénéfice annuel de 400 fr. par kilomètre.

Maintenant, considérons un chemin d'embranchement à rayons minima de 300 mètres sur lequel on pourra envoyer le matériel actuel, et que nous supposerons ne devant donner lieu à aucuns frais de transbordement.

Nous avons déjà dit qu'il est acquis par l'expérience que les frais de traction des lignes à rayons minima de 300 mètres avec le matériel actuel sont plus dispendieux de 20 à 25 0/0 que ceux du même matériel sur les lignes à rayons minima de 800 à 1000 mètres. Or, notre matériel satisfaisant parfaitement à toutes les conditions de roulement dans les courbes, sa traction sur les chemins à rayons minima de 100 mètres ne sera pas plus dispendieuse que celle du matériel actuel sur les lignes à rayons minima de 800 à 1000 mètres, et, par suite, l'augmentation de frais que nous signalons se trouve toute à la charge de l'exploitation des embranchements à rayons minima de 300 avec le matériel actuel.

Considérons aussi un chemin faisant 20,000 fr. de recette brute kilométrique : d'après le tableau de répartition de frais d'exploitation que nous avons donné précédemment, en admettant 20 0/0 d'augmentation de frais de traction, on trouve que cet excédant de frais grèvera la recette brute kilométrique de 1,280 fr. par an et par kilomètre, soit 4 à 6 0/0.

La différence en faveur de notre matériel, par an et par kilomètre, est donc de 880 fr., que nous admettons être réduite à zéro pour une cause ou pour une autre, et surtout pour qu'on ne puisse pas nous taxer d'exagération dans nos comparaisons et qu'on ne puisse nous contester le bénéfice net des économies à réaliser dans la construction de la voie, économie que nous avons montrée pouvoir

atteindre le chiffre énorme de 163,000 fr. par kilomètre pour un tronçon du Grand-Central.

Ces résultats nous conduisent à dire qu'avec la charge des frais de transbordement, les bénéfices réalisés dans la construction de la voie resteront encore intacts pour un embranchement de 60 kilomètres seulement.

En admettant que les frais de transbordements soient mis à la charge des contrées desservies par l'embranchement, charge qui correspond à un parcours de 12 kilomètres, n'y trouveraient-elles pas encore un grand avantage sur les augmentations de parcours de 40 et 50 kilomètres que leur causerait l'impossibilité de créer partout des réseaux secondaires, ou sur la différence de 15 à 20 centimes par tonne et par kilomètre qui existe entre les transports effectués par chemin de fer et ceux effectués par charrettes?

Enfin la question du transbordement disparaîtra aussitôt que les compagnies le voudront, et sans bourse délier, en suivant simplement la voie du progrès, par le remplacement des wagons usés de l'ancien système par d'autres établis suivant le nouveau; en admettant, ce que nous contestons toujours, que le transbordement soit causé par la seule raison des différents rayons des lignes de chemin de fer.

VITESSE MAXIMA DES CONVOIS DANS LES COURBES DE 100 MÈTRES DE RAYON.

Nous croyons qu'il est utile de traiter aussi la question importante du maximum de vitesse prudente que l'on pourrait donner aux convois, sur les chemins de fer à rayons minima de 100 mètres, avec l'emploi de notre système de matériel.

Comme précédemment, nous comparerons l'emploi du matériel actuel et de celui que nous proposons afin d'établir nos résultats sur des faits.

La force qui sollicite les wagons actuels à dérailler dans les courbes est la résultante de deux actions bien distinctes agissant simultanément et dans le même sens :

1° La force centrifuge,

2° L'effort que fait constamment le cylindre formé par les 2 roues, par suite de leur rigidité sur l'essieu, pour se développer normalement à son axe et suivre ainsi la tangente à la courbe, au point où il se trouve.

Cet effort n'est vaincu que par la résistance que fait le rail sur le boudin de la roue, qui rejette ainsi constamment l'essieu en dedans de la voie, et opère un mouvement de translation transversale, qui n'est effectué qu'en vainquant l'adhérence des roues sur les rails, due à la charge qu'elles portent. C'est ce ripement transversal et celui longitudinal dû à la différence de développement des rails dans les courbes, auquel se joint souvent celui causé par la différence des circonférences de roulement des roues, qui produisent le sautillement, et sont une des causes du mouvement de lacet.

D'après les dispositions de notre système de matériel roulant, les essieux étant toujours posés normalement à la voie, ils suivront donc naturellement ses inflexions, et ils ne seront sollicités, dans les courbes, à s'échapper de la voie que par l'action unique de la force centrifuge.

Nous chercherons la valeur de l'effort total en kilogrammes qui sollicite un essieu à s'échapper de la voie dans des courbes de différents rayons, et à diverses vitesses, pour l'un et l'autre système de matériel, sans nous préoccuper du plus ou moins d'écartement des essieux, qui, dans le matériel actuel, fait croître la résistance de traction comme le sinus de la moitié de l'arc embrassé par les deux essieux d'un wagon, et ne change rien, nous croyons, à l'effort de translation transversale.

Nous ne tenons point compte de la conicité des bandages, qui, dans le matériel actuel, favorise le passage des wagons dans les courbes, parce que cette conicité, efficace lorsque les roues sont neuves, devient presque nulle lorsqu'elles sont un peu usées.

La charge moyenne d'un essieu de wagon à voyageurs est de 2500 kilos, poids qui en temps ordinaire donnera lieu à une adhérence de $0{,}25\ P = 625$ kilos.

F étant l'effort transversal en kilogrammes qui sollicite l'essieu à sortir de la voie, on a :

1° Pour le matériel actuel,

$$F = \frac{PV^2}{gR} + 625$$

2° Pour le matériel proposé,

$$F = \frac{PV^2}{gR}$$

En appliquant ces formules, nous avons obtenu les résultats indiqués au tableau ci-après.

Nous indiquons aussi quel est le surhaussement à donner au rail

extérieur des courbes pour compenser l'action de la force centrifuge.

RAYON des courbes.	VITESSE MAXIMA par seconde.	VITESSE MAXIMA par heure.	EFFORT TENDANT à faire sortir un essieu de la voie = F par wagons actuels.	EFFORT TENDANT à faire sortir un essieu de la voie = F par wagons proposés.	SURHAUSSEMENT du rail extérieur.	OBSERVATIONS.
m.	m.	km.	kil.	kil.	m.	
500	18.05	65	790	165	0.099	Sur le tronçon du réseau central, en exploitation depuis 2 ans, on a marché avec une vitesse de 50 à 60 kil. dans les courbes de 300, avec wagons ordinaires, sans qu'il soit arrivé d'accidents; mais la résistance de traction est bien plus grande que sur les lignes à grand rayon, et les boudins des roues s'usent rapidement à cause de leur frottement sur les rails.
400	18.05	65	832	207	0.120	
300	16.66	60	861	236	0.142	
	13.88	50	790	165	0.099	
	11.11	40	727	102	0.062	
200	13.88	50	859	233	0.148	
	11.11	40	784	159	0.095	
150	13.88	50	891	266	0.198	
	11.11	40	834	209	0.128	
	10.00	36	795	170	0.101	
100	13.88	50	1025	400	0.297	
	11.11	40	938	313	0.190	
	10.00	36	890	255	0.153	
	8.33	30	800	175	0.107	

Dans la détermination de la valeur de F, nous avons supposé les rails extérieurs sans surhaussement. On voit que la valeur de F pour les courbes de 100 mètres sans surhaussement, et parcourues par

notre matériel à une vitesse de 50 kilomètres par heure, est plus faible que l'adhérence des roues sur les rails, et qu'elle suffirait seule à maintenir les wagons sur la voie ;

Qu'avec le matériel actuel parcourant des courbes de 300 mètres, on ne doit pas dépasser une vitesse de 50 kilomètres pour être dans la même limite de sécurité qu'en parcourant les courbes de 500 mètres avec une vitesse de 65 kilomètres.

Il résulte clairement du tableau qui précède qu'en donnant au rail extérieur des courbes de 100 mètres de rayon parcourues par notre matériel le surhaussement correspondant à la vitesse maxima des convois de marchandises, soit 30 kilomètres, on aura, jusqu'à une vitesse de 60 kilomètres au moins, autant de sécurité qu'en présente le parcours des courbes de 300 mètres avec surhaussement par le matériel actuel à une vitesse de 40 kilomètres, et qu'avec ce matériel il ne conviendrait pas de dépasser la vitesse de 30 kilomètres dans les courbes de 100 mètres.

On peut donc, avec notre matériel, comparativement à ce qui se fait journellement, prendre en toute sécurité une vitesse de 50 à 60 kilomètres à l'heure dans les courbes de 100 mètres de rayon, et les résultats de notre travail prouvent que la crainte de l'application des petits rayons à la construction des chemins de fer ne tient nullement aux dangers propres de ces petits rayons et à l'impossibilité, dans ce cas, de leur conserver leur caractère essentiel de célérité et d'économie de transport, mais uniquement à l'imperfection des véhicules employés jusqu'à ce jour.

La pratique a déjà, du reste, sanctionné l'idée que nous émettons ici : car aux États-Unis les courbes de 100 mètres de rayon sont parcourues avec les vitesses de 50 à 60 kilomètres avec un matériel plus sujet à la dislocation que le nôtre, et sans que les nombreux accidents qui arrivent sur ces chemins soient le résultat de l'emploi des petits rayons.

Enfin, sur le chemin de fer de Paris à Sceaux et à Orsay, les courbes de 50 mètres de rayon sont journellement parcourues avec des vitesses de 30 et 40 kilomètres à l'heure, sans qu'il arrive d'accidents.

TRACÉ EN PLAN DES CHEMINS DE FER A PETITS RAYONS.

Nous dirons un mot sur la disposition qu'il nous semblerait le plus convenable d'adopter pour les tracés avec petites courbures.

Dans les tracés actuels on passe immédiatement de la ligne droite, à la courbure complète de l'arc de cercle de raccordement de deux alignements droits. Nous pensons qu'en réservant seulement 50 mètres d'alignement droit entre deux courbures inverses successives, et raccordant les alignements droits par des arcs paraboliques ayant leurs tangentes égales à celles des arcs de cercle, et dont toutefois le rayon de courbure au sommet serait de $80^{m}.00$ au moins, on aurait un tracé en plan qui nous semblerait bien plus rationnel au point de vue des chances de déraillement et de pertes de puissance vive dues à un changement brusque de direction.

On aurait aussi une plus grande de sécurité et une amélioration sensible pour la traction.

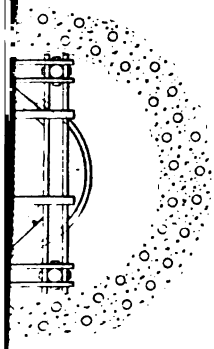
Toutefois, dans le cas du raccordement de deux alignements parallèles ou formant une angle très aigu, l'emploi de la parabole pouvant conduire à des tangentes infinies, l'arc parabolique pourrait cesser au point où il arriverait à avoir un rayon de courbure de 150 à $200^{m}.00$.

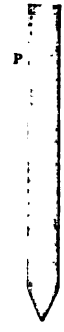
De cette disposition il résulterait que la courbure, comme le relèvement du rail, se ferait progressivement,

---

DES RAMPES.

En disant fortes rampes en matière de chemins de fer, nous entendons parler de rampes maxima de 0m.020 à 0m.025. Au delà de ces déclivités, le chemin de fer, à notre avis, n'a plus de raison d'être avec une traction par locomotive, parce qu'au fur et à mesure que les déclivités augmentent, ses avantages sur les routes ordinaires disparaissent; et, du moment qu'un service d'exploitation par chemin de fer ne présente pas plus d'économie de transport que par une route ordinaire, le choix n'est pas douteux : la route est préférable, parce qu'elle est libre à toute circulation.





helle des Fig. 1 et 2. $0^m.0015$ $0^m.01$.

... par Chardon aîné, 36 rue Hautefeuille Paris

Gravé sur zinc par L. Guiguet

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juillet, Août et Septembre 1857)

N° 38

Pendant ce trimestre on a traité les questions suivantes :

1° Fabrication des rails, Note de M. Curtel (Voir le résumé des séances, p. 193);

2° Filature et tissage du lin, Note de M. Peligot (Voir le résumé des séances, p. 195);

3° Construction du pont du Rhin à Cologne, Note de M. Goschler (Voir le résumé des séances, p. 202);

4° Appareil d'épuration de la houille menue (Voir le résumé des séances, p. 210);

5° Extraction de la houille au Grand-Hornu (Belgique) (Voir le résumé des séances, p. 212).

6° Description de la machine à vapeur de M. Pascal de Lyon (Voir le résumé des séances, p. 212);

7° Matériel roulant des chemins de fer, système Edmond Roy (Voir le résumé des séances, p. 214);

8° Robinets-vannes, dits *obturateurs à diaphragme*, de M. Sieber (Voir le résumé des séances, p. 217);

9° Lampe modérateur-régulateur de M. Trouon (Voir le résumé des séances, p. 219);

10° Soupape en caoutchouc de M. Perreaux (Voir le résumé des séances, p. 220);

11° Substitution de la houille au coke dans les machines locomotives (Voir le résumé des séances, p. 221);

12° Télégraphie sous-marine, système Balestrini (Voir le résumé des séances, p. 222);

13° Inondation, Mémoire de M. Belgrand (Voir le résumé des séances, p. 229);

14° Puits artésien de Passy (Voir le résumé des séances, p. 235);

15° Machine locomotive à chemin de fer sans fin de M. Boydell (Voir le résumé des séances, p. 235);

16° Description du *Great-Eastern* (Voir le résumé des séances, p. 240).

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De M. Curtel, membre de la Société, une lettre en réponse aux observations de M. Gottschalk et une note sur l'application de la tôle à la fabrication des coussinets;

2° De MM. Prestat, Thiébault et Constant, la description d'un nouveau système de pose de rails;

3° De M. Ebray, membre de la Société, une note sur les accidents qui surviennent pendant la construction des puits;

4° De M. Roret, un exemplaire de son manuel intitulé : *Encyclopédie Roret* (construction des chemins de fer, par M. Emile

Wilh.); un exemplaire du *Manuel du mécanicien, fontainier, sondeur, pompier et plombier*, et un exemplaire du *Traité élémentaire et pratique du chauffage au gaz*, par M. Ch. Hugueny;

5° De M. Jobard, un exemplaire de son ouvrage sur les nouvelles inventions aux Expositions universelles;

6° De la Société d'encouragement, son Bulletin des mois de mai et juin;

7° De la *Revue d'architecture*, le 1er numéro de son 15e volume;

8° Du journal *The Engineer*, les numéros des 19 et 26 juin; 3, 10, 17, 24 et 31 juillet; 7, 14, 21 et 28 août, et 4 et 11 septembre 1857;

9° De M. Hodgkinson, membre honoraire de la Société :

1. Rapport des commissions sur l'application du fer dans la construction des chemins de fer;

2. Plans explicatifs de ce rapport;

3. Recherches expérimentales sur la force des piliers de fer fondu et autres matériaux;

4. Recherches expérimentales sur la force des piliers en fer fondu provenant de diverses parties du royaume;

5. Recherches expérimentales sur la force et autres propriétés du fer fondu, formant un volume additionnel à l'ouvrage de Tredgold sur le fer fondu;

6. Un mémoire sur le *transverse-train* et la force des matériaux;

7. Un mémoire sur les ponts suspendus, et sur la force et la meilleure forme des poutres en fer fondu;

8. Supplément à la théorie pratique et architecture des ponts, par Burnell;

9. Une livraison de l'*Encyclopédie biographique*;

10° De MM. Barrault (Alexis) et Bridel, un exemplaire de leur travail sur la construction du Palais de l'Industrie;

11° De M. Tournoux Félix, membre de la Société, une note sur

la résistance dans le passage des courbes des chemins de fer, par M. Wissocq, ancien ingénieur hydrographe;

12° De la Société minérale de Saint-Etienne, son Bulletin du 1er trimestre 1857;

13° De la Société impériale et centrale d'agriculture, un exemplaire du dernier Bulletin;

14° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de mars, avril, mai et juin 1857;

15° Des *Annales des mines*, la 6e livraison de 1856 et les 1re et 2e livraisons de 1857;

16° De M. Mesdach, membre de la Société, un exemplaire d'un rapport sur les eaux alimentaires de la ville de Liége, et un exemplaire du rapport sur les fabriques de produits chimiques en Belgique;

17° Les numéros 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8 du *Journal des Ingénieurs autrichiens;*

18° De M. Oppermann, les numéros de juin, juillet, août et septembre, du *Portefeuille économique des Machines*, et des *Nouvelles Annales de la construction;*

19° De M. Noblet, éditeur, les 27, 28 et 29e livraisons du *Portefeuille de John Cockerill*;

20° De M. de Branville, membre de la Société, une note sur un nouveau système de télégraphie sous-marine;

21° De MM. Gottschalk et Gajewski, membres de la Société, une note sur le viaduc de Crumlin;

22° De M. Benoist Duportail, membre de la Société, un exemplaire d'un mémoire sur la fabrication des boulons, harpons, écrous, clefs, rondelles, goupilles, clavettes, etc., etc.

23° De la Société des anciens élèves des Ecoles impériales d'arts et métiers, un exemplaire de son *Annuaire de* 1857;

24° De M. Bévan de Massi, membre de la Société, le dessin du pont sur l'Alronigal, chemin de fer d'Aranjuez (chute d'un pont);

25° De la Société d'encouragement, un exemplaire de son Bulletin de juillet;

26° De M. Thomé de Gamond, membre de la Société, un exemplaire de son Avant-projet de tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre;

27° De M. Gustave Gayrard, membre de la Société, une carte du chemin de fer de ceinture.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois de juillet :

MM. Etienne, présenté par MM. Callon, Priestley et H. Mathieu.
Jouannin, présenté par MM. Callon, Faure et Ser.
Minary, présenté par MM. Callon, Boudsot et de Mastaing.

Au mois d'août :

MM. Capdevielle, présenté par MM. Fèvre, Baret et Tétard.
Dubois, présenté par MM. Fèvre, Baret et Tétard.
Ferot, présenté par MM. Petiet, Bergeron et Félix Mathias.
Fromantin, présenté par MM. Fèvre, Baret et Tétard.
Lefèvre, présenté par MM. Fèvre, Baret et Tétard.
Perrot, présenté par MM. Callon, Loustau et Alcan.
Roze, présenté par MM. Callon, Faure et Tronquoy.

Note sur les établissements de MM. Scrive frères à Lille, Macq et Marquette

PAR

MM. FAURE et Henri PELIGOT

Admis, l'hiver dernier, par MM. Scrive frères, à visiter leurs établissements de filature et tissage du lin, nous avons pensé qu'il serait intéressant pour la Société d'être instruite, par quelques chiffres, de l'importance de ces établissements, qui, par leur ancienneté et leur habile direction, se placent au premier rang dans l'industrie linière.

Qu'on nous permette d'abord de rappeler que ce fut en 1834 que M. Scrive père fonda sa filature. C'est la première qui fut établie à Lille, et M. Scrive obtint, pour cette cause, un brevet d'importation. Faiblement appuyé par le Gouvernement, l'éminent industriel eut besoin, pour lutter contre la concurrence de l'Angleterre, d'une intelligence et d'une énergie incroyables. En effet, malgré l'invention de Ph. de Girard et quoique le jury anglais eût reconnu la validité de ses droits, l'Angleterre était alors, depuis de longues années déjà, en possession du plus complet monopole pour les filés de lin. Pour conserver ce monopole, le Gouvernement de la Grande-Bretagne avait promulgué des lois protectrices tout exceptionnelles : la peine de mort était prononcée contre tout exportateur de machines propres à filer le lin ; les filés exportés donnaient droit à une prime de 20 p. 100, tandis que ceux que l'on importait étaient frappés, à leur arrivée sur le sol anglais, d'un droit de 40 p. 100 de leur valeur.

Protégés d'une manière aussi efficace, les fabricants anglais ne

reculèrent devant aucun sacrifice pour éteindre la concurrence que leur créait M. Scrive. Enfin, après plusieurs années d'une lutte courageuse et difficile, l'honorable industriel, aidé de M. Feray, parvint à faire comprendre au Gouvernement français de quelle importance était pour le pays cette branche d'industrie dédaignée jusque alors. Des modifications notables furent faites aux tarifs, modifications qui firent peu à peu disparaître en partie de nos marchés les produits anglais. Dès ce moment, la filature mécanique du lin fut réellement introduite en France et se développa rapidement.

Ce développement fut tel, que tandis qu'en 1840 il y avait à peine en France 50,000 broches, le nombre de broches s'élève aujourd'hui à près de 500,000, dont 293,000 dans le seul département du Nord.

Dignes continuateurs de l'œuvre de leur père, MM. Scrive frères ont introduit en France le procédé de rouissage manufacturier du lin, encore aujourd'hui en expérience.

Voici quelques documents fournis par MM. Scrive, qui donneront une idée des résultats économiques que l'on peut obtenir en employant ce procédé.

Le département du Nord possède, comme nous l'avons dit, environ 293,000 broches, sur lesquelles 260,000, fonctionnant dans un rayon de 15 kilom. autour de Lille, absorbent par an 25,000,000 kilog. de lin roui et teillé à 96 kilog. par broche et par an, et 33,000, fonctionnant disséminées dans le département, mettent en œuvre 4,500,000 kilog. à 137 kilog. par broche et par an, les fils produits étant sensiblement plus gros. La consommation du département du Nord est donc de 30 millions de kilog. de filasse, année moyenne.

Une très grande quantité de ce lin est produite à l'étranger. Le sol français, et particulièrement celui du nord de la France, est cependant très propre à la culture de cette plante, et ce qui s'oppose surtout à son développement, c'est le manque de bras et de moyens nécessaires pour rouir et teiller.

Or, 100 kilog. de lin vert, roui et teillé dans les campagnes,

produisent environ 15 kilog. de lin teillé, tandis que la même quantité, rouie et teillée manufacturièrement, donne un rendement moyen de 17 kilog. Il découle de ces chiffres que la quantité de lin mis en œuvre dans le département du Nord exige la mise en culture de 42,500 hectares, un hectare pouvant produire 4,620 kilog. de lin vert, tandis qu'il n'en faudrait que 37,000 si l'on adoptait le rouissage et le teillage manufacturiers. C'est en vue de cette amélioration que MM. Scrive ont introduit en France le nouveau système de rouissage et qu'ils cherchent constamment à perfectionner le teillage.

Les établissements de MM. Scrive peuvent se diviser en trois parties principales : la filature, le tissage et la cité ouvrière.

Filature de Marcq.

La filature est établie à Marcq et dirigée par M. Auguste Scrive. Elle exige l'emploi d'une force motrice totale de deux cents chevaux, communiquée par deux machines, l'une de cent vingt et l'autre de quatre-vingts chevaux. Ces deux machines, de même système, à balanciers, à deux cylindres, détente et condensation, sortent des ateliers d'un des plus habiles constructeurs de Lille, l'un des doyens de l'industrie française, M. Boyer.

Ces moteurs donnent le mouvement à tous les appareils de la filature composant l'assortiment nécessaire pour alimenter douze mille six cents broches. Les opérateurs se divisent de la manière suivante :

Seize machines à teiller.

Neuf peigneuses pour le lin long.

Six peigneuses pour le lin coupé en trois.

Cinquante bancs d'étirage.

Vingt-quatre bancs à broches.

Cinquante-six métiers à filer mouillé, portant onze mille neuf cents broches.

Sept métiers à filer à sec, portant sept cents broches.

Vingt-deux cardes à étoupes.

Il y a en outre dix cuves à rouir.

Les ouvriers et ouvrières de toutes sortes employés dans l'établissement sont au nombre de huit cents. Leur salaire varie de 40 c. pour les enfants les plus jeunes à 4 fr. 85 c. Il est en moyenne de 2 fr. 50 c. par jour.

La quantité de lin roui chaque jour dans la fabrique est de 2,000 kilog.; la quantité de lin peigné, de 3,300 kilog. Celui-ci est transformé en fils dont la grosseur varie entre les n^os^ 8 et 100, le numéro moyen étant 30.

Toutes les machines, tous les appareils qui fonctionnent dans ce vaste établissement, sont distribués avec ordre et intelligence dans les différentes parties des bâtiments, de manière à éviter totalement les retours de la matière, retours qui causent aux fabricants de si grands préjudices. Les engrenages sont soigneusement couverts. Le moteur central, de la force de cent vingt chevaux, transmet le mouvement aux 1^er^, 2^e^ et 3^e^ étages, par des engrenages droits renfermés, par mesure de précaution, entre deux murs d'un mètre d'épaisseur. L'aile sud est également mue par cette force au moyen de transmissions horizontales et verticales. Le moteur de l'aile nord, de la force de quatre-vingts chevaux, met en mouvement la filature et les écangues de ce bâtiment, et la filature du rez-de-chaussée du bâtiment du centre.

Tissage de Marquette.

L'établissement de Marquette, destiné à la fabrication des tissus de lin, a été fondé en 1846. Il est habilement dirigé par MM. Jules Scrive père et fils. Une force de trente chevaux, composée d'une machine à moyenne pression de vingt-cinq chevaux, et d'une machine à haute pression de six chevaux, donne le mouvement aux

différents métiers employés dans l'établissement. Les ouvriers, hommes, femmes et enfants, occupés dans la fabrique, sont au nombre de trois cent quatre-vingts. — Leurs salaires varient :

Pour les enfants, de	0	fr. 75	c. à	1	fr. 00 c.
Pour les femmes, de	1	25	à	1	75
Pour les hommes, de	2	00	à	2	50

Ils sont tous payés aux pièces.

On fait par semaine deux cent soixante à deux cent quatre-vingts pièces de toile de 70 à 73 mètres chacune, destinées en partie aux fournitures militaires et maritimes, et en partie au commerce.

L'établissement comporte deux cents métiers mécaniques, et le nombre de bobinoirs, machines à ourdir, machines à parer, canetières, nécessaires pour préparer les chaînes et les trames qui alimentent ces métiers.

Les fils de lin, quand ils arrivent de la filature, ont besoin d'être lessivés et crémés ou simplement lessivés au sel de soude, pour faire disparaître les matières grasses ramassées par le fil dans les bacs de filature et les matières pailleuses et colorantes de la fibre du lin. On obtient ce résultat au moyen du crémage, première opération préparatoire que subissent les fils destinés au tissage. Le crémage est établi à Marquette dans d'excellentes conditions, sans différer sensiblement des crémages établis dans les blanchisseries de fils. Mais ce qui nous a paru le plus intéressant, c'est un système particulier de séchoir établi chez MM. Scrive par M. Vétillart, du Mans. Ce séchoir fonctionne de la manière suivante : Un grand cylindre en tôle, fermé de toutes parts, reçoit la vapeur détendue de la machine à haute pression. Ce cylindre est traversé de part en part par une série de tubes parallèles à son axe et ouverts aux deux extrémités. Ces tubes communiquent, d'un côté, avec l'air extérieur, et viennent déboucher, de l'autre, dans une caisse fermée où l'on place des cadres sur lesquels sont disposés les fils crémés encore humides après leur passage à la presse hydraulique. A la partie supérieure de la caisse, un aspirateur, marchant à 420 tours par minute, force l'air à

traverser les tubes du cylindre; l'air s'échauffe en parcourant ces tubes, puis est appelé à l'extérieur après avoir passé au travers des fils humides dont il opère ainsi le séchage. La caisse contient douze à quinze châssis que l'on renouvelle constamment; en enlevant le châssis du bas, tous les autres descendent d'un rang et font place à celui que l'on met en haut. L'opération dure à peu près une demi-heure.

Les principaux avantages que MM. Scrive ont trouvés dans l'adoption de cet appareil sont les suivants : économie de main-d'œuvre ; économie notable de combustible, puisque l'on a remplacé des calorifères à cloche, qui brûlaient par jour 10 à 12 hectolitres de coke, par une espèce de calorifère à vapeur, utilisant la vapeur détendue d'une machine, sans avoir remarqué d'augmentation sensible dans la dépense de charbon de la chaudière; rapidité plus grande de travail, telle partie de fil qu'il fallait six heures pour sécher à l'air chaud, et souvent deux jours à l'air libre, pouvant être aujourd'hui séchée en une demi-heure, et, par conséquent, possibilité d'augmenter la quantité de produits tout en diminuant l'espace qu'ils occupent pendant leur manutention.

Il faut ajouter à cela que le fil est ouvert par l'aspiration et jouit d'une certaine moiteur au lieu d'éprouver le racornissement que produit habituellement le séchage à l'air chaud, et que cette propriété facilite singulièrement le bobinage; puis, au lieu d'être brutalement battus sur des perches, les écheveaux de fil arrivent régulièrement étalés sur des cadres en bois où le parallélisme des fils est conservé pendant le séchage. Les fils sont donc moins cassés, et par suite, on doit arrêter moins souvent pour rattacher lors du tissage, ce qui donne en même temps économie de main-d'œuvre et moins de déchet.

Enfin cet appareil tient peu de place et ne donne lieu à aucune crainte d'incendie.

Les machines employées à Marquette n'ont, du reste, avec celles dont se servent les autres fabricants, aucune différence notable.

Nous nous contenterons donc de signaler ce séchoir, et de dire que MM. Scrive font en ce moment des essais pour appliquer un système analogue au séchage des chaînes après parage. Nous appellerons également l'attention sur une utilisation de place assez originale. L'escalier par lequel on communique aux différents étages de la fabrique est disposé en forme de colimaçon tout autour de la cheminée, placée dans la partie centrale des bâtiments.

Cité ouvrière.

Jaloux de faire prendre à leurs ouvriers leur part de bien-être, MM. Scrive ont fondé en 1846 une cité ouvrière. Cette cité se compose aujourd'hui de vingt-huit pavillons construits par M. Tierce, avec les avis de notre collègue M. Emile Muller. Chacun de ces pavillons se subdivise en trois habitations. Une habitation se compose de deux pièces au rez-de-chaussée, deux pièces au premier étage et un grenier. A chaque habitation est annexé un jardin de 86 mètres carrés. Les diverses pièces cubent 126^{mc} d'air. Les vingt-huit pavillons forment quatre-vingt-deux habitations qui contiennent cent vingt-cinq ménages formant un total de six cent cinquante individus. Le loyer d'une habitation est de 10 fr. par mois, et par conséquent de moitié moins élevé qu'à Lille, où on payerait la location d'une maison analogue 20 à 25 fr. par mois. Les loyers de la cité sont à ceux de Marcq dans la proportion de 2 à 3. Au besoin, ces habitations se subdivisent en deux logements distincts ayant chacun son entrée particulière. Dans ce cas, le rez-de-chaussée, auquel est affecté le jardin, se loue 5 fr. 50, et l'étage avec le grenier, 4 fr. 50 par mois.

Boulangerie.

Une boulangerie est établie dans l'usine de Marquette. Son matériel se compose d'un pétrin système Bolland et d'un four Cowelet.

La consommation par semaine est de dix-huit sacs de 100 kilog. de farine, donnant chacun quatre-vingt-six pains blancs de 1kg.500 ou quatre-vingt-douze pains bis. La cuisson se fait au moyen du coke, et la dépense en combustible est estimée à 45 c. par sac de farine. Le prix du pain, d'excellente qualité et très appétissant, est toujours au-dessous de la taxe de 5 à 10 c. par kilog. et demi.

Cuisine.

Un système de marmites chauffées au bain-marie permet de cuire le dîner des ouvriers. L'ordinaire se compose de bouillon, de bœuf et de légumes. Le bouillon est vendu 5 c. le demi-litre; le bœuf 15 c. la portion de 200 gram.; les légumes (haricots, pommes de terre ou riz) 6 c. 1/2 le demi-litre

On fournit en outre dans l'établissement de la bière à raison de 15 c. le litre et du lait coupé à 5 c. le litre.

Au moyen de ces différentes institutions, chaque ouvrier peut être parfaitement nourri en dépensant 3 fr. 50 c. par semaine. Ceux dont l'appétit est le plus vorace dépensent au plus 4 fr.

Ainsi, en conservant leurs ouvriers le plus à portée possible de leur direction, en les éloignant autant que faire se peut de la dangereuse influence des garnis et des cabarets, en leur donnant le goût de la vie de famille, MM. Scrive sont parvenus à adoucir en même temps leur position matérielle par les énormes avantages économiques qu'ils trouvent en se logeant et se nourrissant dans l'établissement où ils travaillent. Mais ce but n'aurait été que partiellement atteint si l'ouvrier malade ou celui que l'âge ou les infirmités empêchent de gagner sa vie n'avait trouvé dans ces moments difficiles un fonds de réserve qui lui permît d'attendre sa guérison et de la demander à la science, ou de terminer doucement sa carrière.

Pour obtenir ces résultats, une caisse de secours et une caisse de retraites étaient nécessaires.

Caisse de secours.

La caisse de secours est alimentée par l'ouvrier lui-même; chaque travailleur est tenu d'en faire partie, et y contribue par une retenue journalière de 10 c. pour les hommes et de 5 c. pour les femmes et les enfants. Tout ouvrier malade ou blessé a droit aux secours pendant trois mois de la manière suivante :

Pendant les six premières semaines,

Pour un homme 6 fr. par semaine.
Pour une femme 4 —
Pour un enfant 3 —

Pendant les six semaines suivantes, 3 fr., 2 fr. et 1 fr. 50 c. par semaine.

Un médecin donne ses soins aux malades. Ses honoraires sont payés par la caisse de secours; les médicaments sont donnés gratuitement. Le prix des amendes et celui des navettes de tisserand sont abandonnés à la caisse.

Caisse de retraites.

Au contraire de la caisse de secours, la caisse de retraites est alimentée par MM. Scrive, qui versent annuellement une certaine somme destinée à former un fonds de réserve pour aider ceux que l'âge ou les infirmités empêchent de gagner suffisamment leur vie. Tout ouvrier ayant trente ans de service dans la manufacture a droit, à son choix, soit à une pension de 300 fr., s'il vit en dehors de l'établissement, soit à une habitation dépendant de la fabrique et à sa nourriture, avec une rente annuelle de 150 fr.

De cette manière, non-seulement l'ouvrier trouve toutes les facilités désirables pour subvenir à ses besoins, mais il peut même y subvenir largement, et sans, pour ainsi dire, s'inquiéter de l'avenir, puisqu'il est certain, quoi qu'il arrive, de ne pas se trouver dans la misère.

Institutions spéciales à Marquette.

Les différentes institutions que nous venons de passer en revue sont générales et s'appliquent à tous les établissements de MM. Scrive. Nous allons maintenant dire quelques mots de celles qui sont destinées spécialement à la fabrique de Marquette.

Comme les ouvriers de Marcq, les tisserands de Marquette sont logés près de la fabrique, dans des pavillons spéciaux et séparés. Par suite de nouvelles constructions, ces pavillons peuvent aujourd'hui (juillet 1857) loger environ trois cents ouvriers, ce qui porte à neuf cent cinquante le nombre de personnes logées dans les maisons de MM. Scrive.

En dehors de la cité ouvrière, un local *ad hoc* est destiné à recevoir les jeunes célibataires dont les parents ne travaillent pas dans l'usine. Ces jeunes gens mangent dans un réfectoire spécial avec ceux de leurs camarades qui ne retournent pas chez eux dans la journée. Ils payent pour leur logement 35 c. par semaine, et donnent 20 c. à la femme qui blanchit leurs draps, fait leurs lits et va chercher leur dîner à la cuisine de l'établissement.

Bains gratuits.

Les eaux de condensation des machines peuvent être détournées et viennent remplir trois baignoires où les ouvriers peuvent, avec l'autorisation de M. Scrive, prendre des bains gratuits.

Musique.

Sur la demande des ouvriers et pour leur procurer autant de distractions que possible sans qu'ils sortent de la fabrique, MM. Scrive ont créé un corps de musique sous la direction spéciale d'un chef dont ils payent les honoraires. Le corps de musique se compose

aujourd'hui de quarante musiciens. Chaque jour une demi-heure est consacrée à des répétitions partielles. Deux fois par semaine des répétitions générales ont lieu, soit dans une salle à ce destinée, soit en plein air.

On emploie pour la confection des canettes vingt-cinq enfants de huit à douze ans. Ces enfants sont l'objet de soins spéciaux. Pendant la journée ils chantent en chœur, et sont constamment sous la direction d'un contre-maître. Ils reçoivent chaque jour durant une heure les leçons d'un instituteur qui travaille dans l'usine.

Tabagie.

Le désir permanent de conserver leurs ouvriers près d'eux a décidé MM. Scrive à faire construire dans la fabrique même un local destiné à les réunir aux heures de repos : c'est un estaminet, qui constitue, comme on le sait, un des besoins de la vie flamande. La bière s'y débite à 17 c. le litre, le vin à 40, 45 et 60 c.. Les boissons alcooliques sont rigoureusement prohibées. Dans l'intérieur se trouve un billard éclairé au gaz, et à l'extérieur, dans le jardin de la tabagie, différents jeux du pays, tels que la boule, l'arc, etc. L'estaminet est fermé chaque soir à dix heures.

Fête.

Enfin le premier dimanche de juillet commence la fête de l'établissement, qui dure trois jours; pendant ce temps, les ouvriers sont appelés à prendre part à différents délassements et exercices. Des prix sont distribués aux plus habiles.

Ces prix sont sans doute agréables à remporter; mais ceux que l'on accorde aux ouvriers qui ont le mieux travaillé sont bien plus appréciés. Ils consistent en vêtements d'une valeur de 5 fr. à 40 fr. Le jury, composé des patrons, des contre-maîtres, des employés à la vente et à la réception des toiles, distribue les prix soit

à ceux des ouvriers qui ont fabriqué le plus de toiles dans l'année, soit à ceux qui, ayant apporté le plus de soin et de propreté à leur travail, ont rendu les plus belles pièces.

Ainsi, au moyen de toutes ces institutions diverses qui forment un tout si complet, conserver leurs ouvriers près d'eux, leur permettre l'existence de famille, établir entre eux une solidarité, un contact constant et immédiat, tout en leur laissant autant de liberté et d'indépendance que possible, les soustraire aux influences du dehors et à l'exploitation des logeurs et des nourrisseurs : tel est le but constant que MM. Scrive se sont proposé. Fournir aux travailleurs un logement commode et aéré, une nourriture saine et abondante à un prix peu élevé, les soigner quand ils sont malades, assurer leur existence quand la vieillesse est arrivée, instruire leurs enfants, fournir à tous des distractions honnêtes et peu coûteuses, récompenser leur travail par des distinctions profitables et honorifiques : tels sont les moyens larges et féconds d'atteindre ce but si désirable, moyens essentiellement moralisateurs, qui profitent également aux travailleurs et aux fabricants.

MM. Scrive possèdent encore à Lille un établissement pour la fabrication des garnitures de cardes. Cet établissement, le plus important de France, est dirigé par M. Henri Scrive. Nous manquons d'éléments pour en rendre compte.

Nous avons voulu, par cette communication, vous faire connaître, autant qu'on le peut faire dans une note, les établissements de MM. Scrive frères. Nous ne reviendrons sur aucune des considérations que nous vous avons présentées, mais nous serons satisfaits, et nous aurons atteint notre but, si nous vous avons communiqué une partie du plaisir et de l'admiration que nous avons éprouvés lors de notre visite à Marcq et à Marquette ; et nous sommes heureux de pouvoir rendre ici hommage et justice à des fabricants qui sont à bon droit rangés parmi les plus intelligents et les plus honorables de notre pays.

Note sur le mouvement général des chemins de fer.

Rapport *sur l'ouvrage adressé à la Société par M. le conseiller d'Etat comte Dubois et intitulé :* Documents statistiques sur les chemins de fer, publiés par ordre de S. E. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics,

PAR

M. Jules GAUDRY.

Si aucune industrie n'a, en aussi peu de temps que les chemins de fer, conquis les progrès dont nous sommes les témoins, c'est qu'en aucun autre peut-être on n'a pris autant de soin d'enregistrer les moindres faits d'exploitation pour en tirer des conclusions toujours certaines. Combien n'est donc pas instructive la statistique générale et comparée des chemins de fer français et étrangers que le ministre des travaux publics fait publier par une commission instituée près de lui!

Cette commission, présidée par M. le comte Dubois, qui a fait à la Société des ingénieurs civils hommage d'un exemplaire du rapport, a pris les chemins de fer à leur origine et a terminé ce premier recueil de documents statistiques à l'année 1855, date qui fera sans doute époque dans l'histoire des chemins de fer, car elle est le point de départ d'un immense développement du réseau comme du matériel en même temps que des fusions de compagnies et de la création des nouvelles lignes presque parallèles aux premières qu'on trace en ce moment. Quels en seront les résultats généraux pour le pays? C'est ce que diront, sans erreur, les tableaux comparés des dépenses

et revenus qui viennent d'être publiés, et qui reparaîtront dans quelques années pour mettre les économistes en mesure de comparer les deux périodes.

Dans celle qui finit avec l'année 1855, certains chiffres de comparaison, relevés sur l'ensemble du réseau d'Europe, sont très instructifs. Abordant de suite le chapitre de l'établissement des voies, nous trouvons la dépense première de construction ainsi résumée pour la France :

Les lignes *à une voie* ont coûté en moyenne 196,927 fr. par kilomètre. La moins coûteuse (celle d'Asnière à Argenteuil), n'a pas dépassé 108,957 fr. Celles de Dieppe et Fécamp, semées de grands travaux d'art et coupant des terrains d'un prix élevé, dans les meilleurs cantons de la riche Normandie, a atteint 276,671 fr., prix maximum des lignes à une voie du système ordinaire.

Dans le prix d'établissement des lignes à deux voies, la statistique ministérielle n'a pas dû faire entrer les sections d'un prix exceptionnel et exorbitant qui traversent des grandes villes ou contiennent des ouvrages d'art de premier ordre.

Ne considérant que les sections placées dans les conditions ordinaires de tracé, qui seules peuvent fournir une indication pratique, nous trouvons que la moyenne du prix par kilomètre est en France 330,000 fr. en nombre rond pour les deux voies; le plus bas prix s'est abaissé à 250,000; le plus haut s'est élevé jusqu'à 420,000.

Le prix moyen d'établissement par kilomètre des lignes à 2 voies ordinaires se décompose ainsi :

Frais généraux.	5 p. 100 de la dépense totale.
Acquisition de terrains.	9 5.
Voie de fer et accessoires.	36 6.
Terrassements et œuvres d'art ordinaires. .	27 1.
Matériel roulant.	14 6.
Gares et dépendances.	4 2.
Dépenses diverses	3 2.

Le prix de revient des grands travaux d'art, au mètre courant ou superficiel, relevé en comparant presque tous les grands ouvrages des lignes françaises, fournit les moyennes suivantes :

1° Pour les ponts sur rivières, elles sont très variables, et influencées beaucoup plus par les circonstances locales que par l'importance de l'œuvre achevée; à ce point que les ponts sur la Marne de Chalifert et Trilport, longs seulement de 122 mètres, et les ponts sur la Loire de Nevers et de Mont-Louis, longs de 377 et 381 mètres, ont coûté à peu près également 4,280 fr. par mètre courant. Le plus long pont de France jusqu'en 1854, celui de Cinq-Mars (ligne de Tours), a 671 mètres de long et a coûté 3,693 fr. par mètre, c'est-à-dire 100 fr. de moins par mètre que le pont du Chambon (ligne du Centre), qui est l'un des plus petits ouvrages de ce genre.

Le pont d'Avignon sur le Rhône a 386 mètres de long et 8 grandes arches à voussoirs de fonte; il a coûté 10,295 fr. par mètre. C'est le prix le plus élevé qui ait été atteint en France; le pont de Vitry a 4 arches sur la Marne et en tout 91 mètres de long; il a coûté 1835 fr. par mètre; c'est le plus bas prix enregistré dans la statistique ministérielle. Enfin la moyenne de 28 ponts formant 5553 mètres de long donne 4942 fr. par mètre.

2° *Pour les viaducs*, le prix du mètre superficiel, vides et pleins confondus, offre si peu de variation qu'on peut, dit le rapport de la commission ministérielle, obtenir *a priori* une estimation sommaire des dépenses qu'occasionnerait l'établissement d'un viaduc dont on aurait la protection verticale. Des documents sur les viaducs étrangers semblent confirmer cette assertion et concorder, pour déterminer les limites du prix de revient de ce mètre superficiel, entre 95 et 162 fr., selon les circonstances locales.

3° *Pour les tunnels*, le prix moyen augmente avec la longueur sans doute, mais beaucoup plus encore avec les circonstances locales. Calculé sur 35 tunnels, le prix moyen est:

1280 fr. par mètre de long pour tunnels de moins de 500 mètres.
1375 fr. . . . . id. . . . . de 500 à 1000 id.
1557 fr. . . . . id. . . . . de plus de 1000 id.

Le petit tunnel de Folie-Siffet, long de 20 mètres, a coûté 900 fr. par mètre. C'est 100 fr. de moins seulement que le tunnel de Saint-Pierre (ligne de Dieppe), qui a 1643 mètres.

Le plus grand tunnel de France (celui de la Nerthe, ligne de Marseille) a 4620 mètres; il a coûté 2272 fr. par mètre, et le tunnel de Chalifert (ligne de l'Est) long de 168 mètres, et l'un des plus petits, a coûté 2422 fr. C'est le prix le plus élevé que la réunion des circonstances difficiles ait nécessité. Enfin, comme limite inférieure du prix, le rapport de la commission ministérielle a désigné le chiffre de 339 fr. qui a été dépensé à Nîmes pour le tunnel de la Tour-Magne.

En résumé :

Pour les ponts, par mètre courant. . . . 4942 fr.
Pour les viaducs, par mètre superficiel, de 95 à 162
Pour les tunnels, par mètre, de. . . . . 1280 à 1557

Tels ont été les prix moyens des grands ouvrages d'art sur les chemins de fer de France jusqu'en 1855.

Le chapitre consacré, dans le rapport de la commission ministérielle, à l'exploitation, nous apprend d'abord que, dans la période de 1841 à 1854, le mouvement des voyageurs et marchandises a crû beaucoup plus vite que le développement du réseau ; celui-ci s'étant augmenté de 9 p. 100 en 1854, le produit kilométrique net a monté de 18 p. 100, le mouvement des voyageurs de 19 p. 100, et celui des marchandises de 40 p. 100.

La nouvelle période où nous entrons offrira-t-elle le même résultat ? C'est la grande question du moment.

Un autre fait acquis important à signaler, quoique assez généralement prévu, est la prédominance des transports à bas prix sur le revenu net. Sur la ligne de Lyon, prise pour exemple entre toutes, les

marchandises tarifées transportables à 25 c. la tonne n'entrent qu'à raison de 2,02 p. 100 dans la recette totale, tandis que celles qui payent de 3 à 8 centimes y ont une part de 42,31 p. 100.

Avec le développement du réseau, on a vu aussi diminuer les dépenses relatives d'exploitation. La moyenne par train et par kilomètre a été de 2 fr. 82 en 1853 et 2 f. 78 en 1851. Le plus haut prix a atteint 3 fr. 74 en 1853 et 3 fr. 51 en 1851 ; le plus bas prix 2 fr. 31 en 1853 et 2,36 en 1851, L'augmentation de cette dernière année s'explique par l'accroissement de la vitesse, du nombre et du chargement des trains.

Comment se compose le 2 fr. 82, prix moyen de 1853 ? C'est ce que fait connaître, dans le rapport analysé, un tableau détaillé que je résume ainsi :

Administration centrale frais de bureaux, imprimés, loyers, contributions.	00 15
Exploitation et trafic, personnel central, des gares, des trains; éclairage et chauffage, etc., des stations.	00 61
Traction et matériel, personnel central, des locomotives, ateliers, dépôts ; combustible, eau, graissage, entretien des machines et véhicules . . .	1 11
Voie, surveillance et entretien, service central, télégraphe, signaux.	0 42
Dépenses diverses, impôt du dixième, subventions, parcours, participation des employés dans les bénéfices.	0 53
Total égal.	2 82 fr.

Soit enfin, en rapport pour 100 :

Pour l'administration.	5 30 p. 100
— l'exploitation.	21 70
— la traction	39 19
— la voie	14 88
— diverses d'ordre	18 87

Si la dépense kilométrique des trains en 1853 a été 2 fr. 82, tous chapitres compris, on trouve d'autre part, dans le rapport de la commission ministérielle, que le revenu kilométrique a été de 6 fr. 46, d'où il résulte un excédant de recette de 3 fr. 64 formant les 0,45 de la recette totale ; et cependant il est constaté par la statistique que non-seulement les trains se composent d'un nombre de voitures généralement beaucoup au-dessous du maximum légal, mais qu'en tenant compte des retours à vide, les voitures n'ont en moyenne que 10 à 12 places occupées sur 33, et que les wagons à marchandises ne sont pas chargés au delà de 3 et demi au lieu de 5 qu'ils peuvent, au moins, porter.

Le rapport de la commission ministérielle termine ses documents statistiques par une comparaison intéressante des chemins de fer de France avec ceux du reste de l'Europe. L'étendue totale du réseau européen en 1854 atteignait 30,000 kilomètres, ayant coûté 10 milliards et demi. Sauf en Angleterre, l'uniformité des types est presque un fait accompli en ce qui touche les conditions essentielles de la traction. Presque partout aussi l'accroissement du revenu a dépassé le développement du réseau, activé l'industrie, développé le bien-être général.

Nous joignons ici à l'appui un tableau comparatif des principaux faits d'exploitation en 1855, abrégé d'un tableau semblable contenu au rapport de la commission ministérielle.

On y voit en résumé que, si la France est encore en retard pour le développement proportionnel de son réseau, elle était déjà en 1854 en tête de toutes les nations pour l'élévation de la recette brute et du produit net. L'Angleterre vient au deuxième rang.

Même priorité existe pour l'élévation de l'intérêt du capital engagé. La Belgique vient au second rang et l'Angleterre au dernier.

La France est également au premier rang pour la circulation kilométrique des voyageurs et marchandises.

Mais ses tarifs sont les plus élevés après ceux de l'Angleterre.

Enfin, après l'Autriche, nous avons les plus hauts frais d'exploitation du monde, sans doute en raison du prix élevé des combustibles, fer et autres matières premières; mais aussi parce que nous exploitons sur une plus large échelle, que nos prix de main-d'œuvre approchent de ceux d'Angleterre, que nos trains sont les plus accélérés d'Europe.

Malgré notre désavantage sur ces deux derniers points, concluons avec la statistique ministérielle, à l'honneur de notre corps du génie, que la France, longtemps devancée par les états voisins, a ressaisi, en ce qui concerne l'exploitation des chemins de fer, la place qui lui est assignée dans l'Europe civilisée.

MOUVEMENT COMPARÉ DES CHEMINS DE

(EXTRAIT ABRÉGÉ DE LA STATISTIQUE

		1 France.	2 Belgique.	3 Prusse.	4 Autriche.
Longueur exploitée au commencement de 1854.		kilom. 3978	621	3008	1528
Dépense moyenne de premier établissement par kilomètre exploité (*a*).	Recettes totales .	fr. c. 43.182	30.709	22.818	30.557
	Dépenses totales.	18.591	15.636	11.089	17.565
	Produit net . . .	24.591	15.073	11.729	12.992
Produit moyen brut	d'un voyageur transporté . .	fr. c. 3.08	1.83	2.64	3.96
	d'une tonne de marchandises.	9.27	5.35	8.60	14.26
Parcours moyen	d'un voyageur.	kilom. 46.78	32.58	42.60	60.83
	d'une tonne de marchandises.	113.36	»	79.10	135.65
Résultat financier par kilomètre parcouru et par train.	Recette	fr. c. 6.54	4.38	5.38	8.03
	Dépense. . . . ,	2.81	2.22	2.49	4.62
	Produit net . . .	3.73	2.16	2.89	3.41
Par myriamètre exploité, nombre de	Locomotives de toute sorte .	3.01	2.86	2.10	3.71
	Voitures à voyageurs	8.83	17.50	4.30	5.67
	Wagons à marchandises. . .	56.78	64.40	33.90	45.39

(*a*) Les circonstances d'établissement sont très variables suivant les lignes et les nations.
Angleterre. — Lignes généralement à deux voies, grandes courbes, faibles inclinaisons,
France. — Mêmes conditions que l'Angleterre, moins les frais de concession.
Belgique. — Terrain et main-d'œuvre alors moindres, moins de travaux d'art, et
Autriche. — Beaucoup de lignes à une voie et à petites courbes, terrain et main-d'œuvre
Allemagne. — Mêmes conditions que l'Autriche ; large exploitation.
Etats-Unis. — La majeure partie des lignes est à une voie et dans les conditions de

ER D'EUROPE ET D'AMÉRIQUE EN 1853

INISTÉRIELLE DE 1836, TABLEAU 24).

5 llemagne	6 Grande-Bretagne.	7 Bade.	8 Etats sardes.	9 Suisse.	10 Espagne.	11 Russie.	12 New-York.	13 Massachussets.
2578	12055	290	142	27	»	»	3572	2444
17.751	37.403	20.306	27.021	8.162	25.840	49.850	19.894	18.343
9.245	16.831	10.196	13.321	4.400	13.200	27.090	9.741	10.826
8.506	20.572	10.110	13.700	3.762	12.640	22.760	10.153	7.715
1.87	2.10	1.56	1.63	0.87	1.15	2.16	3.18	2.07
9.73	»	14.13	12.62	»	»	»	9.86	6.02
35.06	25.20	33.83	34.76	»	18.50	»	54.98	25.29
73.19	»	131.40	98.78	»	»	»	111.24	50.68
4.94	»	4.33	7.08	»	6.10	»	5.15	5.21
2.57	»	2.18	3.49	»	3.11	»	2.53	3.07
2.37	»	2.15	3.59	»	2.99	»	2.62	2.14
1.94	»	2.20	2.80	1.50	1.60	2.50	1.50	1.45
5.18	»	10.40	8.20	»	»	21.70	2.14	2.21
28.89	»	24.70	28.00	»	»	12.50	17.72	28.05

t ces prix ne peuvent être comparés qu'en en tenant compte.

ands travaux d'art, grands frais de concession, terrain coûteux, haut prix de main-d'œuvre.

néral; lignes à deux voies et à grandes courbes, mais établies économiquement.

n prix relativement faible, établissement économique, parcours accidenté.

astruction les plus économiques.

Notice sur le viaduc de Crumlin,

PAR

MM. GAJEWSKI ET GOTTSCHALK.

Le viaduc de Crumlin, que nous nous proposons de décrire sommairement dans cette notice, est un exemple des plus remarquables de l'application du fer à la construction des ponts à grande portée; quoique l'emploi du fer se soit beaucoup généralisé dans ces dernières années, peu d'applications en ont été faites encore aux ponts en treillis pour chemin de fer. Le viaduc de Crumlin étant un des meilleurs exemples de ce genre de construction, nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt de réunir, dans une planche, les dessins d'ensemble et de détails que nous avons eu occasion de relever nous-mêmes sur place, et nous avons cherché, par quelques calculs que nous donnerons plus loin, à nous rendre compte des forces qui sollicitent les principales pièces du système, et des coefficients auxquels travaillent les pièces soumises à ces efforts.

Le viaduc de Crumlin, situé dans le pays de Galles, sur un embranchement, encore en voie de construction, du chemin de fer de Newport à Hereford, sur les deux ports de Cardiff et de Swansea, franchit la vallée de Crumlin à une hauteur de 200 pieds anglais, soit 61 mètres au-dessus de son talweg.

Il se compose de 10 travées de 150 pieds (45^{m}.75) chacune, mesurées de centre à centre des piles; toutefois, les trois dernières travées sont séparées des autres par une langue de terre d'environ 50 mètres de longueur, ce qui porte la longueur totale du pont à environ 550 mètres.

Ces deux portions de viaduc ne diffèrent que par la hauteur des piles, variable elle-même en raison des accidents de terrain; ces

piles sont formées par la réunion de colonnes en fonte superposées en étages; chacune de ces colonnes a 5m.185 de hauteur sur 305 millim. de diamètre extérieur; l'épaisseur de la fonte est variable de 23 à 25 millim.

Chaque étage se compose de 14 colonnes disposées comme le montre le plan; les deux croquis ci-contre donnent la disposition et les cotes exactes entre les axes des colonnes en bas et en haut du pilier.

Plan en haut des colonnes.

Plan à la partie inférieure.

Toutes les colonnes extérieures *a* forment les plans d'une pyramide quadrangulaire tronquée, les colonnes *b* faisant une espèce d'avant-bec, en forme de pyramide triangulaire; il résulte de là que les colonnes A A sont les seules qui soient verticales.

L'assemblage des différentes colonnes superposées se fait à l'aide de brides réunies par 4 boulons, avec un très petit emboîtement pour éviter le glissement.

Les colonnes d'un même étage sont réunies à leur partie supérieure par des poutres en fonte ayant la forme de I de 0m.30 de haut environ. Enfin, deux systèmes de tirants horizontaux et verticaux, placés sous forme de croix de saint André, donnent à ces piles toute la stabilité désirable. Les tirants horizontaux sont ronds, de 0m.05 de diamètre, et assemblés directement avec les colonnes à l'aide d'écroux intérieurs; les tirants verticaux, au contraire, sont des fers mi-plats de 100/19 fixés dans les poutres en fonte qui réunissent le haut des colonnes de chaque étage. Tous ces assemblages sont représentés dans la planche n° 69.

Chacune des colonnes de l'étage inférieur repose sur un dé de fondation; ces dés, en fonte, ont des hauteurs variables de 3 à 5 pieds anglais (0m.91 à 1m.52); ils reposent eux-mêmes, par une base de 3 pieds carrés, sur une maçonnerie de fondation formée généralement de trois assises, dont la dernière descend jusqu'au roc naturel, et dont la hauteur varie de 3 à 10 pieds (0m.91 à 3m.04) de profondeur; les pierres les plus grandes sont employées pour les premières assises, et la maçonnerie va en s'élargissant de façon à reposer sur une base très étendue.

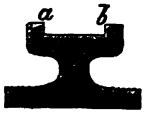
EMBASE DE COLONNE.

(La partie creuse est remplie de vieux matériaux,)

Les scellements sont faits avec du soufre.

Outre leur très grande légèreté, ces piles ont l'avantage de n'offrir qu'une très petite surface à la poussée des vents, dont l'intensité et la vitesse sont considérables. On a calculé que, dans les cas les plus défavorables, la poussée totale produite par le vent sur la pile la plus élevée serait de 40 tonnes environ. Il ne sera pas difficile, d'après les renseignements qui suivent, de se rendre compte de la stabilité de ces sortes de piles.

Avant de passer à la description des poutres, nous ajouterons que le dernier rang de colonnes se trouve couronné d'une rangée d'entretoises en fonte plus fortes que toutes les précédentes, et sur lesquelles repose un système de pièces en fonte présentant la forme générale de triangles, surmontés de poutres également en fonte, dont le croquis ci-contre représente la coupe.



Le plan supérieur *a b* de ces pièces présente une surface convenablement rabotée pour porter les coussinets en fonte sur lesquels reposent les poutres du pont; ces coussinets ne sont maintenus que dans le sens transversal par les rebords *a* et *b*, et peuvent se mouvoir dans le sens longitudinal pour suivre les mouvements de dilatation et de contraction que prennent les poutres du pont sous l'influence des variations de température ou même des surcharges accidentelles; on a laissé, à cet effet, un espace de 0m.225 entre les extrémités de 2 poutres voisines.

Des Poutres.

Les poutres proprement dites du pont sont des poutres en treillis construites d'après le principe de MM. Warren et Keunard; elles sont au nombre de 4 pour chaque travée, 2 pour chaque voie, et se composent d'une manière générale; à la partie supérieure, d'un tube pour résister à la compression, à la partie inférieure, d'un double rang de tiges en fer plat pour résister à la traction; ces deux parties étant réunies de distance en distance par une série de fers

plats et de bielles résistant les uns à la traction, les autres à la compression, et divisant la poutre en 17 triangles équilatéraux d'environ 5 mètres de côté. La longueur de chaque poutre est de 45m.27.

La partie supérieure est un tube rectangulaire de 0.36 de haut sur 0.23 de large, en moyenne, formée de 4 cornières à branches inégales, et de fer plat d'épaisseur variable, augmentant à mesure qu'on se rapproche du milieu de la poutre.

La tôle inférieure se trouve doublée à tous les points d'articulation des tirants et bielles du treillis.

La partie inférieure, qui résiste à la traction, se compose d'une série de fers plats, augmentant en nombre et en dimension à mesure qu'on se rapproche du milieu de la poutre; ces fers plats sont placés sur deux rangs, laissant entre eux un espace de 0.080 pour recevoir les tirants et bielles du treillis; aux points d'articulation, ces fers plats sont assemblés à l'aide de 5 rivets de 0.022 de diamètre avec des plaques de tôle de 0.40 de hauteur, qui rendent la table inférieure continue.

Quant aux pièces diagonales du treillis, elles sont au nombre de 18 par chaque poutre, résistant successivement les unes à la traction, les autres à la compression, depuis les extrémités jusqu'au milieu, où elles peuvent être appelées à résister soit à un effet de traction, soit à un effet de compression.

Les premières sont des tirants en fer plat, les secondes des bielles formées de fers plats et de cornières pour résister à la compression. Vers le milieu de la poutre, les tirants plats sont renforcés à l'aide de cornières, afin de pouvoir résister, comme nous le disions tout à l'heure, soit à la traction, soit à la compression.

Ces différentes pièces sont formées de tôles et de cornières de dimensions variables avec les efforts qu'elles ont à supporter, et que nous chercherons à apprécier plus loin. On verra que, contrairement à ce qui arrivait pour les parties supérieures et inférieures de la poutre, les dimensions de ces pièces diagonales iront en augmentant à mesure qu'on s'éloignera du milieu.

Les tirants et bielles sont d'ailleurs assemblés avec les parties supérieure et inférieure à l'aide de boulons de 0.080 de diamètre, présentant d'un côté une tête très peu saillante, et dépassant de l'autre de 0.025; cette autre extrémité est recouverte d'une sorte de chapeau en fonte maintenu dans le boulon à l'aide d'un tirefond, et qui maintient à son tour le boulon dans la position qu'il doit occuper.

Cet assemblage est un peu différent aux deux extrémités de la poutre, là où les tiges de traction viennent se fixer en dehors de la partie inférieure contrairement à toutes les autres. Les boulons qui correspondent à ces points extrêmes d'articulation se terminent par une partie taraudée qui reçoit un écrou en fer, lequel permet de donner à l'assemblage tout le serrage convenable.

Un chapeau en fonte, analogue à celui précédemment décrit, se fixe par-dessus l'écrou, et vient fournir un mode d'assemblage très facile aux colonnes en fonte qui servent d'entretoises aux poutres de chaque travée, à chacun des points d'articulations. Des tirants en croix de saint André, assemblés directement avec ces entretoises, forment un système de contreventement qui donne une grande rigidité au système.

Nous n'entrerons pas dans les détails d'assemblage de ces entretoises, qui sont représentés Pl. 69, fig. 8. Nous nous contenterons d'insister sur la nécessité d'assemblages parfaits des boulons d'articulations sur lesquels repose toute la solidité du système et qui travaillent au cisaillement.

Le trait caractéristique du mode d'appui est que la poutre repose par sa partie supérieure.

Nous avons vu que les poutres sont reliées de 2 en 2 par l'intermédiaire des entretoises en fonte.

Un plancher général formé de pièces en sapin créosoté de 0.15 d'équarrissage, placées perpendiculairement à la direction des poutres et dans toute la largeur du pont, vient lui donner une certaine rigidité dans le sens transversal.

C'est sur ce plancher que reposent deux voies en rails Brunel sur

longrines, ainsi que deux garde-corps en fonte qui y sont boulonnés.

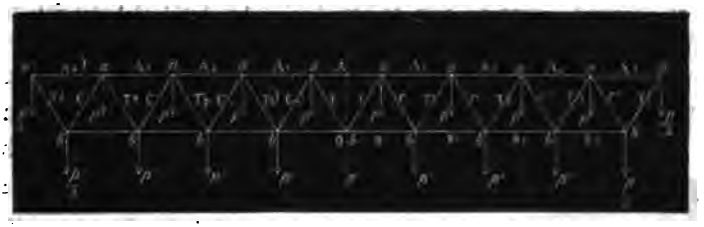
Nous donnerons, pour terminer cette description, le tableau des poids qui résultent de l'avant-métré d'une travée :

AVANT-MÉTRÉ APPROXIMATIF D'UNE TRAVÉE.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS pour une travée.	POIDS pour une poutre.	OBSERVATIONS.
Bois.			
PLANCHER EN LONGRINE DE SAPIN CRÉOSOTÉ.			
Equarrissage, 0.15 à 800k par m. . . .	kil. 32904.00	kil. 8226.00	
Fer.			
POUTRES EN TREILLIS PROPREMENT DITES.			
Poutrelle supérieure, y compris les boulons d'articulation.	35824.00	8956.00	
— inférieure, y compris les boulons d'articulation.	32899.00	8225.00	
Tiges de traction 24	6920.00	1730.00	
Bielles 48	17491.00	4373.00	
Entretoises en fer des colonnes d'entretoisement.	10472.00	2618.00	
Fonte.			
Colonnes d'entretoisement.	3800.00	950.00	
Brides pour assemblages de colonnes. .	532.00	133.00	
Rondelles pour remplissage.	48.00	12.00	
Garde-corps.	9640.00	2410.00	
Poids total propre du pont par travée. .	150530.00		
par poutre. .		37633.00	

On peut déduire de ce tableau que le poids propre du pont par mètre courant est de $\frac{150530}{45,75}$, soit 3290^k, y compris le plancher.

Nous donnerons actuellement un résumé des calculs faits pour déterminer les efforts exercés en chacun des points des parties inférieure et supérieure de la poutre, ainsi que sur les bielles et tiges de traction du treillis. Nous avons supposé dans ces calculs que la surcharge accidentelle était de 1 tonne anglaise de 1015^k par pied de longueur et par simple voie, ce qui correspond, pour une simple voie, à 3328^k par mètre courant.



En admettant, par les raisons que nous avons données plus haut, que le poids propre du pont est réparti uniformément sur la longueur de chaque poutre, on voit que les sommets ou points d'articulation a seront sollicités dans le sens vertical par des efforts égaux p, et les sommets b par des efforts p'.

En ne considérant qu'une seule poutre, on voit que l'effort p se compose de la façon suivante :

Surcharge, $\frac{3328^k \times 5}{2}$	8320^k	»
Poids du plancher pour 5 mètres de long	9 0	»
Poids de la partie supérieure de la poutre avec garde-corps, $\frac{11306}{9}$	1263	»
Poids moyen d'une tige de traction, $\frac{6920}{24}$	288	33
Poids d'un entretoisement supérieur comprenant colonnes en fonte et tirants en fer, $\frac{14804}{68}$	217	70
p =	10989^k	03

On a de même pour p' :

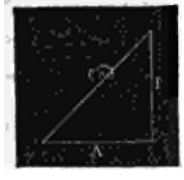
Poids de la partie inférieure de la poutre, y compris boulons et rondelles de remplissage, $\frac{8237^k}{8}$	1029^k 62
Poids moyen d'une bielle, $\frac{17491}{48}$	364 40
Poids d'un entretoisement inférieur	217 70
p' =	1611 72

$$p + p' = 12600^k\ 75$$

En indiquant par T, T_1, T_2, T_3, T_4, les efforts de tractions qui s'exercent sur les tiges dites de traction ; par C, C', C'', C''', les efforts de compression exercés sur les bielles ; par A, A_1, A_2, A_3, A_4, les efforts de compression aux différents points de la partie supérieure, et enfin par B, B_1, B_2 et B_3, les efforts de traction qui s'exercent aux différents points de la poutrelle inférieure, on arrive, par les considérations suivantes de statique, à des formules très simples.

En nous reportant à la figure précédente, nous voyons que, tout le système étant en équilibre, le sommet milieu o, une de ses parties, se trouve en équilibre sous l'action de trois forces p', T et T, T étant la tension des deux tiges du milieu. Connaissant p', nous pouvons en déduire T, en posant la proportion suivante, qui résulte de ce que le triangle est équilatéral :

$$T : \frac{p'}{2} :: 1 : \frac{\sqrt{3}}{2} \quad T = \frac{p'}{\sqrt{3}}$$



La valeur de la compression C se compose de deux parties, l'une égale en valeur à T, l'autre C_p, provenant de l'action de la charge p, et dont la valeur peut se déduire de la proportion suivante :

$$C_p : p :: 1 : \frac{\sqrt{3}}{2} \quad C_p = \frac{2p}{\sqrt{3}} \text{ et } C = C_p + T$$

On peut trouver d'une façon analogue la valeur de toutes les autres tensions et compressions auxquelles sont soumises les pièces du treillis.

On établira d'une manière tout à fait analogue les formules qui donneront les valeurs des réactions A et B des parties supérieure et inférieure de la poutre. On arrive ainsi aux formules qui suivent.

Formules.

$$T = \frac{p'}{\sqrt{3}} \qquad C = \frac{2p+p'}{\sqrt{3}}$$

$$T^{I} = \frac{2p+3p'}{\sqrt{3}} = C+2T \qquad C^{I} = \frac{4p+3p'}{\sqrt{3}} = 2C+T$$

$$T^{II} = \frac{4p+5p'}{\sqrt{3}} = 2C+3T \qquad C^{II} = \frac{6p+5p'}{\sqrt{3}} = 3C+2T$$

$$T^{III} = \frac{6p+7p'}{\sqrt{3}} = 3C+4T \qquad C^{III} = \frac{8p+7p'}{\sqrt{3}} = 4C+3T$$

$$T^{IV} = \frac{8p+8p'}{\sqrt{3}} = 4C+4T$$

$$A_1 = \frac{8p+8'}{2\sqrt{3}} = \frac{T_1}{2} = \frac{4C+4T}{2}$$

$$A_3 = \frac{22p+22p'}{2\sqrt{3}} = \frac{T_1+C^{III}+T_3}{2} = \frac{11C+11T}{2}$$

$$A_2 = \frac{32p+32p'}{2\sqrt{3}} = \frac{T_1+T_3+T_2+C^{III}+C^{II}}{2} = \frac{16T+16C}{2}$$

$$A_4 = \frac{38p+38p'}{2\sqrt{3}} = \frac{T_1+T_3+T_2+T+C^{III}+C^{II}+C^{I}}{2} = \frac{19C+19T}{2}$$

$$A = \frac{40p+40p'}{2\sqrt{3}} = A_4+\frac{T+C}{2} = \frac{20C+20T}{2}$$

$$B_3 = \frac{16p+15p'}{2\sqrt{3}} = \frac{8C+7T}{2}$$

$$B_2 = \frac{28p+27p'}{2\sqrt{3}} = \frac{14C+13T}{2}$$

$$B_1 = \frac{36p+35p'}{2\sqrt{3}} = \frac{18C+17T}{2}$$

$$B = \frac{40p+39p'}{2\sqrt{3}} = \frac{20C+19T}{2}$$

En mettant pour p et p' les valeurs trouvées précédemment, nous arriverons aux valeurs suivantes pour les différents efforts qui s'exercent dans ce système de poutre en treillis. Nous donnons, en regard, les valeurs des coefficients R, auxquels travaillent les différentes pièces de la poutre d'après les sections qui sont indiquées aux dessins.

T	= 930^k.55		C	= 13620	R = 2^k.
T^I	= 15481^k.10	R = 2^k.	C^I	= 28170^k.55	R = 3^k.3
T^{II}	= 30031^k.65	R = 5^k.4	C^{II}	= 42721^k.10	R = 4^k.2
T^{III}	= 44582^k.20	R = 6^k.2	C^{III}	= 57271^{k}65	R = 4^k.2
T_4	= 58202^k.20	R = 6^k.9			

A_1	= 2901^k.10		B_3	= 57736^k.925	R = 5^k.
A_2	= 30028^k.02	R = 3^k.3	B_2	= 101388^k.575	R = 8^k.75
A_3	= 116404^k.40	R = 4^k.2	B_1	= 130489^k.075	R = 7^k.
A_4	= 132230^k.225	R = 4^k.8	B	= 145040^k.225	R = 7^k.50
A	= 145505^k.50	R = 5^k.2			

Il semblerait, d'après ces résultats, que les sections des différentes pièces n'auraient pas été calculées d'après un même coefficient de travail; et cependant, au dire des ingénieurs anglais, les pièces auraient été calculées pour travailler à des coefficients constants, à savoir :

4 tonnes par pouce carré, soit 6^k.28 par mètre carré pour la compression;

Et :

5 tonnes par pouce carré, ou 7^k.85 par mètre carré pour la traction.

Il est bon de faire voir qu'il serait très simple de déterminer les différentes valeurs de T et C par une méthode graphique, et, pour cela, il suffit de remarquer qu'un sommet quelconque de la poutre en treillis supporte tout le poids de la partie qui le sépare du milieu de la poutre. Or, on peut considérer que chacun de ces sommets est en

équilibre sous l'action de trois forces dont on connaît les directions, à savoir : le poids total de la portion comprise entre ce sommet et le milieu de la poutre ; une tension ou une compression suivant que le sommet est inférieur ou supérieur, la direction de cette dernière force faisant toujours un angle de 60° avec l'horizon ; et enfin une troisième force de direction horizontale, qui est une tension ou une compression suivant la position du sommet. Il résulte de ce qui précède qu'il suffit de porter sur une droite verticale A B une longueur représentant le poids de la portion comprise entre le sommet considéré et le milieu de la poutre ; par l'extrémité A, tracer une horizontale, par B une ligne inclinée à 60° avec l'horizon ; la longueur B C, mesurée à la même échelle que A B, donnera la valeur de la tension ou de la compression qui agit sur le sommet considéré. Cette méthode est très rapide et moins sujette à erreurs que le calcul.

Le viaduc de Crumlin, exécuté par MM. Kennard, entrepreneurs, sous la direction de MM. les ingénieurs Gardon et Liddell, fut commencé en décembre 1853. Il devait être construit dans l'espace d'un an ; mais, des difficultés diverses en ayant retardé l'achèvement, les épreuves du contrôle n'ont pu avoir lieu que le 15 mai dernier. Ces épreuves, faites en présence de l'inspecteur du Gouvernement, colonel Wynne, consistaient dans le passage et stationnement sur le pont d'un train de six locomotives pesant, avec leurs tenders, environ 300 tonnes, ce qui correspondait à une surchage de 150 tonnes sur chaque poutre, c'est-à-dire plus du double de la surcharge normale.

La flexion maxima observée a été de 31 millimètres.

Chacune des poutres avait été préalablement essayée avec une charge de 250 tonnes, c'est-à-dire près de quatre à cinq fois la charge normale.

Les quantités suivantes de matériaux ont été employées pour la construction de ce magnifique ouvrage d'art :

1,300 tonnes de fer;
1,250 tonnes de fonte;
675 mètres cubes de bois;
700 mètres cubes de maçonnerie environ pour fondations, culées et approches du pont.

La presque-totalité du fer venait des usines de Blacnavon, dans le pays de Galles; la fonte provenait de l'usine de MM. Keunard, à Falkirk, en Écosse. La construction de ce pont aurait été entreprise pour le prix de 50,000 livres sterling (1,250,000 fr.), soit environ 2,750 fr. par mètre courant de portée.

En appliquant aux quantités ci-dessus les prix probables auxquels le même ouvrage pourrait être exécuté dans ce pays, soit :

1,300 tonnes de fer à 700 fr.	910,000 fr.
1,250 tonnes de fonte à 400 fr.	500,000
675 mètres de bois à 100 fr.	67,500
700 mètres de maçonnerie à 30 fr. .	21,000
	1,500,000 fr.

On trouve que ce travail aurait coûté en France 1,500,000 fr., soit environ 3,280 fr. par mètre courant de portée.

Note sur la construction du pont du Rhin à Cologne

PAR

M. Ch. Goschler.

L'établissement d'un pont fixe entre Cologne et Deutz, destiné à réunir les deux rives du Rhin et les chemins de fer qui viennent y aboutir, a été décidé par le Gouvernement prussien dès 1850.

Après de longues hésitations sur le mode d'entreprise et le système de construction à y appliquer, la Compagnie du chemin de fer de Cologne à Minden s'est chargée de l'exécution de ce grand ouvrage, moyennant une subvention de la Compagnie des chemins de fer rhénans et de la ville de Cologne.

Disposition d'ensemble. — Le Rhin, à la hauteur de Cologne, et dans l'axe du pont qui se trouve dans le prolongement de l'axe de la cathédrale (Pl. 70, fig. 2), a 412 mètres de largeur (1,312 pieds rhénans).

A l'étiage, il offre un tirant d'eau, dans le thalweg, de 2^{m}.50. Ses eaux moyennes, constatées officiellement depuis 1817, marquent 2^{m}.89 au-dessus du 0 du rhénomètre, et les plus hautes eaux connues, 12^{m}.40 ; ses berges s'élèvent à la cote 10^{m} de la même échelle, de sorte que le lit du Rhin, depuis le fond jusqu'au niveau de ses rives, présente une profondeur totale maxima de 12^{m}.50.

Le pont doit franchir le fleuve au moyen de quatre travées en fer à treillis, ayant 98^{m}.29 d'ouverture chacune, supportées par trois piles en rivière de 6^{m}.28 d'épaisseur; sur la rive gauche, deux travées de 20 mètres livrent passage au chemin de halage et à la circulation du port.

Pour laisser à la navigation une ouverture convenable en dessous du pont, on a établi le plan inférieur des poutres à 15 mètres au-dessus de l'étiage, et le plan des rails à 15^{m}.95. La cote des plus hautes eaux connues à Cologne étant de 12^{m}.40, et celle des eaux les plus fortes pendant laquelle la navigation à vapeur soit tolérée de 7^{m}.85, il restera encore sous le pont un libre passage minimum de 7^{m}.15 à la navigation et de 2^{m}.60 aux corps flottants dans les plus grandes crues connues.

Cette élévation considérable donnée au tablier du pont au-dessus des rives a obligé les constructeurs à racheter la différence de hauteur qui existe entre la chaussée du pont de bateaux actuelle, les voies des deux chemins de fer, ainsi que les rues y aboutissant, au moyen de rampes ou plans inclinés.

Ainsi, du côté de Cologne, la voie charretière qui part de la cathédrale franchit en arcades plusieurs places et rues, et se raccorde au pont par une rampe de 143 mètres de longueur, inclinée de 1/39, soit 28^{mm}.5 par mètre.

La gare *intra muros* des chemins rhénans se rattache au pont par un viaduc courbe situé à peu près à la cote du tablier.

Du côté de Deutz, la gare du chemin de fer de Cologne-Minden est reliée au pont du Rhin par une rampe de 419 mètres de longueur, inclinée de 1/60, soit 16^{mm}.66 par mètre.

Enfin, la voie charretière de Deutz gagne le pont au moyen d'une autre rampe qui prend son origine dans le voisinage de l'église située près de la tête du pont de bateaux actuel.

La hauteur du tablier une fois arrêtée, on avait à trancher la question du profil en travers du pont.

Parmi tous les projets mis en avant, celui qui fut choisi et même reçut un commencement d'exécution consistait dans la division du profil transversal du pont en trois sections séparées (Pl. 70, fig. 3); l'une, celle du nord ou d'aval, ayant 4^{m}.396 de largeur, devait rece-

voir la voie unique destinée à relier les chemins de fer; celle du milieu, appropriée au passage des voitures, avait 6m.908 de largeur; enfin la troisième, celle d'amont ou du sud, affectée spécialement à la circulation des piétons, présentait une largeur égale à celle de la voie de fer.

Les poutres de têtes d'aval et d'amont devaient consister en simples treillis de 8m.53 de hauteur; celles qui séparaient la voie de fer de la voie charretière, et celle-ci de la voie des piétons, étaient doubles, formées de deux treillis espacés de 0m.628 et réunis par des lames de fer en croix de saint André à mailles rapprochées.

Les piles de rive et de rivière furent projetées pour recevoir le tablier du pont dont nous venons d'esquisser les dispositions.

Au moment de passer à l'exécution des poutres en fer, une étude plus approfondie des besoins de la circulation fit craindre qu'une seule voie de fer ne devînt insuffisante pour les éventualités du mouvement qui prend chaque jour plus d'extension

On décida, en conséquence, que le tablier du pont porterait deux voies de fer et la voie de la route charretière; mais, comme les piles étaient déjà toutes fondées, et même plusieurs d'entre elles à hauteur, on ne put obtenir le résultat désiré qu'en diminuant la largeur du passage pour voitures et piétons.

Le projet définitif, aujourd'hui en cours d'exécution, se résume ainsi :

Les deux voies de fer sont supportées par deux poutres formées de doubles treillis de 8m.53 de hauteur, distantes de 7m.536 dans œuvre (Pl. 70, fig. 4).

La route, comprenant deux trottoirs de 1m.727 chacun et une voie charretière de 5m.024, est portée par deux poutres, treillis simple, ayant la même hauteur que les précédentes.

Ainsi disposée, la voie charretière et de piétons paraît trop étroite;

pour répondre à une circulation aussi considérable que celle qui a lieu entre Cologne et Deutz.

Il faut, néanmoins, faire observer que le pont actuel de bateaux n'a que 7m.53 entre les garde-corps, et qu'après la construction du pont fixe, la majeure partie des transports, effectués aujourd'hui par colliers, prendra la voie de fer.

D'ailleurs, on parle de laisser subsister le pont de bateaux dans sa position actuelle ou de le remplacer par deux bateaux à vapeur, dont le service serait analogue à celui effectué aujourd'hui par le petit steamer qui établit la communication entre les deux gares de chemin de fer pour les piétons.

(On aurait peut-être pu répondre à toutes ces exigences en supprimant les trottoirs, dans le tablier de la voie charretière, pour les reporter au-dessus, en faisant dans la même section un second plancher pour piétons, auquel on serait arrivé par des escaliers placés aux têtes de pont ou dans les tours des piles.)

Comme nous l'avons dit ci-dessus, les poutres en treillis ont 8m.53 de haut, avec têtes en tôle, dont la partie verticale a 1m.125 de hauteur Les âmes sont formées de barres inclinées à 45° et disposées en treillis dont les mailles ont 0m.785 de largeur en diagonale (Pl. 70, fig. 7 et 8).

Pour donner de la rigidité au système, on applique aux poutres des contre-forts espacés de 1m.55 d'axe en axe, et auxquels sont fixés, dans le bas les poutres de pont ou supports transversaux (Pl. 70, fig. 8) et dans le haut, les barres de contreventement.

Les poutres d'une même file seront reliées entre elles sur les piles les plus voisines des deux rives, de sorte qu'en définitive chaque poutre du pont se composera de deux pièces ayant chacune 207m.24 de longueur venant se toucher bout à bout sur la pile du milieu ; celle-ci recevra leurs mouvements de dilatation et de contraction.

En résumé, on voit, d'après ce qui précède, que le pont fixe sur le Rhin, à Cologne, se compose de deux ponts bien distincts : celui

d'aval ou du nord, destiné à la circulation du chemin de fer à double voie; celui d'amont ou du sud, affecté à la circulation locale.

Exécution des travaux. — C'est en juin 1855 que commencèrent les travaux de fondation, sous la direction de M. Hermann Lohse, ingénieur des travaux hydrauliques, déjà fort avantageusement connu par la construction des grands ponts en fer de la Vistule, sur le chemin de fer de Berlin à Dantzig et Kœnigsberg.

La construction des piles de rive et de celles en rivière a subi de nombreux arrêts par suite des fréquentes variations du niveau des eaux. Quant aux fondations en elles-mêmes, on n'a point rencontré de difficultés. Le sol sur lequel on fonde les piles est formé d'un lit très solide de gravier d'alluvion, qui n'éprouve pas d'affouillements sensibles : aussi a-t-on résolu d'asseoir les fondations immédiatement sur le lit du fleuve; à cet effet, on a battu en amont de chaque pile un saillant ABC (Pl. 70, fig. 5) formé de deux files de pieux contigus, de $0^m.30$ d'équarrissage, destiné à protéger les travaux contre l'effet du courant du Rhin; puis on a fait autour du périmètre assigné à la fondation de chaque pile une enceinte continue *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, de pieux de $0^m.30$ d'équarrissage et de 10 à 12 mètres de fiche (ces pieux sont battus avec le mouton à vapeur; trois de ces appareils enfoncent jusqu'à 40 pieux par jour).

L'enceinte ainsi formée, on drague à l'intérieur jusqu'à une profondeur de $2^m.50$ à 3 mètres au-dessous du lit du fleuve; puis vient un massif de béton MM (Pl. 70, fig. 6), de $4^m.50$ environ, sur lequel on établit un bourrelet ou batardeau *pp* de même nature, soutenu par les têtes de pieux qui s'élèvent jusque au-dessus des eaux moyennes; l'épuisement se fait alors dans l'intérieur de ce batardeau, et l'on exécute à sec les maçonneries de la pile.

La maçonnerie terminée, on rase les pilots au niveau du béton, suivant le plan *nn* (Pl. 70, fig. 6); le batardeau est enlevé, et on coule des enrochements pour protéger l'enceinte.

La construction des piles a nécessité l'emploi d'une drague, de

trois sonnettes, un manége pour la fabrication du mortier et du béton, et un bateau pour les transports de matériaux à pied d'œuvre. Tous ces appareils fonctionnaient au moyen de la vapeur.

A la fin de 1856, les fondations de toutes les piles en rivière et celles des piles de rive étaient terminées.

La pile-culée de la rive gauche et les deux piles voisines étaient à hauteur pour recevoir les poutres en fer.

En somme, les travaux de maçonnerie seront très probablement terminés dans le courant de 1857, de manière à pouvoir recevoir les poutres métalliques en 1858. Celles-ci doivent être exécutées dans des ateliers élevés *ad hoc* par la Compagnie du chemin de Cologne à Minden, et sous la direction de l'ingénieur en chef du matériel, M. Weidtmann. Les fers, dont le poids s'élèvera à 5,000 tonnes environ, seront livrés par une usine de la Ruhr.

Les frais de construction de ce grand travail sont évalués à 10,323,000 fr., dont 5,625,000 fr. pour la superstructure du pont proprement dite. On espère qu'il sera terminé en 1859.

En terminant l'esquisse des questions techniques de cette grande entreprise, nous ne pouvons nous empêcher d'exprimer un regret, celui de voir la lenteur que la France et le grand-duché de Bade apportent dans l'exécution du pont fixe qui doit relier leurs chemins de fer, arrêtés aujourd'hui à Strasbourg d'une part, et à Kehl de l'autre.

Le temps n'est pas éloigné où le courant des voyageurs et des marchandises, dirigé de l'Est à l'Ouest du continent, sera forcément attiré sur Cologne, au grand détriment du réseau français; et, lorsque nos railways seront en communication directe et immédiate, mais trop tard, avec ceux de l'Allemagne du sud, il faudra de grands sacrifices de temps et d'argent pour leur rendre le trafic dont ils vont être privés par la prévoyance et l'habileté de nos voisins du Nord.

Décembre 1856.

MÉMOIRE N° XLVIII

Sur la pose des câbles sous-marins et sur les opérations préliminaires qui s'y rattachent

PAR

M. P. DE BRANVILLE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Dans l'établissement des circuits sous-marins, l'ensemble des opérations qui constituent la pose des câbles doit, par son importance capitale, fixer sérieusement l'attention des hommes spéciaux. Un mauvais câble, en effet, peut être posé avec succès si toutes les précautions ont été prises; le meilleur, au contraire, peut être perdu par une simple négligence.

Lorsqu'on veut réunir un point à un autre par un câble électrique, la première chose à faire est de déterminer la longueur de câble nécessaire. Pour cela, il faut avoir, aussi exactement que possible, le levé du fond de la mer sur tout le parcours que l'on veut suivre, la vitesse et la direction des courants que l'on doit rencontrer. Ces données, qui ont elles-mêmes beaucoup d'importance au point de vue de la navigation, ont fait entreprendre un grand nombre de travaux qui se trouvent consignés sur les cartes marines et dans des ouvrages spéciaux. Cependant les sondes, fort nombreuses aux abords des côtes et sur les bas-fonds, deviennent de plus en plus

rares à mesure que la profondeur augmente : car, en effet, ce qu'il est utile au marin de connaître, ce sont les parages dangereux ; peu importe qu'il y ait ailleurs 50 ou 5000 mètres de profondeur. Il importe beaucoup, au contraire, dans la pose des câbles sous-marins, de savoir quelle est la longueur développée du chemin à parcourir, et quelle est la tension qui sera exercée sur le câble par son propre poids ; toutes choses qui ne peuvent être déterminées que par la connaissance des variations de profondeurs. On aura donc presque toujours des sondages à faire : c'est en quelque sorte l'opération préliminaire de la pose.

Les difficultés que présentent les sondages par de grandes profondeurs, les moyens encore imparfaits dont on dispose pour opérer d'une manière sûre et rapide, nous obligent à donner quelques détails sur cette importante question.

DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE SONDES.

Sonde à plomb fixe.

L'appareil le plus généralement employé pour les sondages se compose d'un cône de plomb très allongé, terminé à son sommet par un anneau en fer. La base de ce cône, appelée pied de la sonde, possède une cavité que l'on remplit de suif, de manière à prendre l'empreinte du fond, tout en ramenant à la surface les particules qui peuvent s'en détacher. On a ainsi la preuve que l'on a touché ; de plus, on reconnaît aux incrustations la nature du sol. Ce plomb, pour les grandes sondes, pèse à peu près 80 kilogrammes ; il est attaché à une ligne en chanvre de 16 à 17^{mm} de diamètre, qu'on laisse filer à la mer, et qui indique la profondeur par la longueur immergée.

Un tel appareil est loin de donner des résultats exacts ; de plus,

on ne peut jamais répondre de réussir un sondage du premier coup. Les causes d'erreur sont dues :

1° A l'impossibilité, dans la plupart des cas, de maintenir le bâtiment complétement en panne, soit à cause du vent, soit à cause des courants ;

2° A l'action des courants sur la ligne de sonde, dont la densité est très peu supérieure à celle de l'eau ;

3° A la difficulté d'apprécier le moment où le plomb touche le fond : car, la résistance causée par le frottement de l'eau sur la ligne augmentant en raison de la longueur immergée, la vitesse de descente va toujours en diminuant, et peut, dans certains cas, devenir assez faible pour qu'on ne sache pas s'il faut l'attribuer à la descente du plomb, aux déviations du navire ou à l'action des courants.

Ajoutons aussi que la tension énorme exercée par le frottement de l'eau sur une grande longueur de ligne nécessite, pour le relevage, une grande dépense de travail et de temps.

En effet, des expériences de M. de Tessan, ingénieur hydrographe, il résulte qu'une ligne en chanvre de 17^{mm} de diamètre, pesant $0^{kg}.155$ par mètre courant, d'une densité de 1.15, celle de l'eau de mer étant prise pour unité, nécessite, pour relever un plomb de 30^{kg}, d'une profondeur de 2000^{m}, avec une vitesse de 1^{m} par $1''$, un effort de 267^{kg}, c'est-à-dire le travail de 38 hommes. La durée d'une telle opération est de 30′ pour la descente et de 1 heure pour le relevage ; avec le temps perdu pour les repos, il faut compter près de 2 heures pour faire une sonde par 2000^{m}. A 4000^{m}, l'effort à vaincre serait bien près de la limite de rupture de la ligne, qui est de 550^{kg}.

Aussi M. le commandant Bérard, dans un voyage scientifique, remplaça-t-il la ligne de chanvre par une ligne de soie écrue de 1^{mm} de diamètre. Elle pouvait supporter un effort de 10^{kg} ; sa densité était de 1,379, et le poids qu'elle soutenait était de 5^{kg}. Avec cet appareil, un seul homme peut sonder à plus de 3000^{m}.

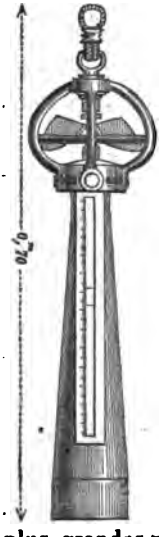
Ces résultats méritent d'être consignés. La soie, par sa grande résistance, offre cet avantage sur le chanvre, que l'on peut employer

des lignes d'un diamètre incomparablement plus petit, et par conséquent aussi des plombs très légers, sans qu'on ait à craindre de rupture de la part du frottement de l'eau pendant le relevage.

Sonde à compteur.

La difficulté de mesurer exactement la longueur de ligne immergée a donné à M. Le Coëntre l'idée d'appliquer sur le plomb de sonde un compteur à hélice qui est mis en mouvement par la résistance que l'eau oppose à la descente. Dans cet appareil (fig. 1), l'hélice est fixée à l'extrémité d'une longue vis dont le corps est renfermé dans un tube métallique fendu dans sa longueur et fermé par une glace ; un curseur à écrou monte ou descend devant une règle graduée par le seul fait du mouvement de rotation que l'hélice imprime à la vis. Les ailettes sont articulées de façon à se replier pendant le relevage. Enfin, le pied de la sonde est formé par un plomb plus ou moins gros, suivant les besoins.

Fig. 1.



Cette sonde donne la profondeur d'eau avec assez d'exactitude ; mais, pour opérer dans la haute mer, la course nécessaire à l'index entraînerait à une longueur de tige considérable. Pour supprimer cet inconvénient, on remplace aujourd'hui le compteur à vis par un compteur à cadran, qui indique les plus grandes profondeurs tout en réduisant l'appareil à un bien plus petit volume.

D'autres modifications ont été apportées au sondeur Le Coëntre : ainsi, au lieu d'articuler les ailettes, on les enraye au moyen d'une plaque, soulevée par l'eau pendant la descente, qui retombe sur les engrenages du moment que la sonde ne descend plus. Nous préférons la première disposition : la surface de l'appareil est moindre,

et on n'a pas à craindre de briser ou de fausser les ailettes pendant le relevage.

La sonde à compteur est plus commode que la première; elle donne aussi des résultats bien plus exacts, la profondeur étant donnée d'après le chemin parcouru directement par le plomb, quelles que soient les directions que prennent les lignes sous l'action des courants ou des dérivations du navire. Une simple précaution est à prendre, c'est de filer assez de ligne pour que le plomb descende toujours aussi verticalement que possible.

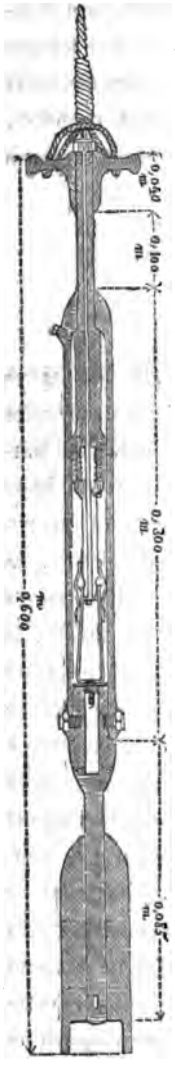
Sonde à plomb perdu.

Fig. 1.

Pour diminuer la tension exercée sur les lignes pendant le relevage, on a eu l'idée de faire des sondes à poids perdu. Dans ces appareils, lorsque le pied touche le fond, le poids, qui ordinairement est un boulet, se détache, et on n'a plus que la ligne et un crochet à relever. Toutes choses égales d'ailleurs, la diminution de tension pour les lignes ordinaires est assez faible, puisque, pour un effort de 267^{kg}, le poids du plomb n'y entre que pour 30^{kg}, et que cette quantité constante perd de son importance à mesure que la profondeur, et que, par conséquent, la tension exercée sur la ligne, devient plus grande. Mais il en est autrement si on augmente beaucoup le rapport du poids du plomb au diamètre de la ligne. Les courants perdent de leur action, et l'accroissement de vitesse que l'on obtient diminue l'importance des erreurs, par cela même que l'opération exige moins de temps. Ces sondes ne donnent généralement pas l'empreinte du fond; mais on peut obtenir cette indication, comme l'a fait M. Brooke (fig. 2), par une disposition spéciale du crochet.

Sonde électrique.

Fig. 3.



M. Balestrini, dans ces derniers temps, a apporté aux sondes une importante amélioration qui fait disparaître entièrement la difficulté de savoir quand le pied touche le fond. La sonde proposée par M. Balestrini se compose (fig. 3) d'un cylindre en fonte où un piston se meut librement; dans l'axe de la tige passent deux fils de cuivre isolés, qui se prolongent dans toute l'étendue de la ligne. Le piston se termine par un petit cylindre en bois dur sur lequel sont fixées deux bagues en cuivre platiné qui communiquent chacune avec l'un des fils électriques. Enfin, un double ressort platiné, et isolé sur le fond du cylindre par une plaque d'ivoire, vient appuyer sur les deux bagues. L'appareil est construit de telle sorte qu'en descendant dans l'eau, les ressorts établissent, par leur contact, un circuit électrique. Quand, au contraire, le pied touche le fond, le piston continuant à descendre, la bague inferieure se trouve isolée, et par conséquent le courant est rompu, circonstance dont on est prévenu sur le bateau par un galvanomètre ou par une sonnerie électrique. Le cylindre est rempli d'huile; on prévient ainsi l'introduction de l'eau de mer, dont la présence aurait pour effet de livrer passage au courant, après l'interruption du circuit métallique. Pour maintenir toujours dans le cylindre la pression extérieure, et pour permettre le déplacement du liquide causé par le jeu du piston, le fond du cylindre est percé d'un trou communiquant avec l'extérieur par quatre ouvertures; un petit piston, placé dans cette cavité, empêche l'huile de se répandre au mo-

ment où on lance la sonde. L'appareil est enfin disposé pour recevoir soit des plombs fixes de différentes grosseurs, soit des plombs perdus.

La profondeur se mesure par la quantité de ligne filée ou par un compteur à hélice.

Pour opérer plus sûrement et plus vite dans le premier cas, et pour avoir un moyen de contrôle dans le second, nous avons proposé un appareil composé d'une poulie à gorge sur laquelle passe le câble avant de filer à la mer. L'arbre de la poulie tourne dans une chappe à crochet et fait marcher un compteur qui mesure la quantité de ligne filée. Un dynamomètre est fixé à la chappe, et le tout, ainsi disposé, est attaché à une vergue. Nous croyons le dynamomètre d'autant plus utile que, la ligne supportant souvent des efforts très approchés de son coefficient de rupture, il est important de savoir toujours à combien elle travaille. On est ainsi prévenu quand on doit diminuer la vitesse, pendant le relevage, ou quand on peut l'augmenter.

Sonde à plomb libre.

Les inconvénients qu'entraîne toujours l'emploi des lignes, pour sonder par de grandes profondeurs, en ont fait chercher la suppression complète. M. de Tessan a proposé, dans ce but, l'emploi d'une bombe disposée de manière à éclater au moment où elle touche le fond. On mesure l'espace parcouru par le temps employé à le parcourir, ce que le bruit de l'explosion permet de calculer. M. de Tessan ne doute pas que le son ne parvienne à l'oreille de toutes les profondeurs, la force de l'explosion étant à peu près proportionnelle au cube du diamètre de la bombe, tandis que l'intensité du son ne décroît qu'en raison du carré des distances. Du reste, il estime qu'une bombe de 15 pouces, chargée de 6^{kg} de poudre, peut être entendue à 16,000^{m}. Quant à la manière de calculer la profondeur, elle est très simple, car on peut négliger le temps em-

ployé à la propagation du son, qui est dans l'eau de 14,000^{m} par seconde, tandis que la vitesse de chute ne dépassera pas de 4 à 5^{m} dans le même temps.

La plus grave objection qu'on puisse faire à ce système est la difficulté d'empêcher l'infiltration de l'eau à travers les pores de la fonte. M. de Tessan propose de la goudronner, mais cela nous paraît insuffisant; peut-être l'étamage donnerait-il un bon résultat. Quoi qu'il en soit, on aurait, avec quelques perfectionnements, un appareil capable, dans bien des cas, de faire un bon service.

Sonde à flotteur.

On a proposé aussi, en Angleterre, une sonde composée d'un flotteur muni de deux compteurs à ailettes, lesté par un plomb perdu. En touchant le fond, le poids se détache, et le flotteur remonte à la surface. Le lest est en fonte, et le flotteur, d'après les derniers perfectionnements apportés par M. Faye, se compose d'un tube en acier très mince, de 2^{m} de long sur 0^{m}.200 de diamètre, que l'on remplit d'huile de pomme de terre. Sa pesanteur spécifique est de 0.88, celle de l'eau de mer étant prise pour unité, et la force ascensionnelle est de 14^{kg}.

Cet appareil est ingénieux; mais, à cause de ses déviations et de celles du navire, il remontera souvent à la surface, assez loin des observateurs pour le rendre très difficile et souvent même impossible à retrouver.

Sonde manométrique.

M. Ericsson a imaginé un autre moyen de sonder, qui consiste à mesurer la profondeur par la pression que l'eau exerce sur un manomètre.

Les instruments construits dans ce but fonctionnent très bien dans les faibles profondeurs; mais, soumis à une haute pression, il arrive

souvent que les tubes se brisent. De plus, il y a une incertitude, dans la lecture du nombre d'atmosphères, qui tient au peu de course de l'indicateur pour marquer un si grand nombre de divisions.

Il serait bon de perfectionner ces appareils ; leur emploi mettrait à l'abri des causes d'erreur dont nous avons parlé.

En résumé, la question des sondes par de grandes profondeurs n'est pas encore complétement résolue. Des expériences vont être faites, par la marine française, sur la sonde de M. Balestrini ; il serait à désirer qu'à cette occasion, on mît ce grand problème à l'étude, sous la direction de gens spéciaux. La question, du reste, n'est pas purement scientifique, et l'intérêt que lui donne la pose des câbles sous-marins est de nature à éveiller l'attention des ingénieurs.

Dans l'état actuel des choses, nous croyons qu'on peut conseiller l'emploi de la sonde Balestrini, à plomb perdu et à compteur à hélice, l'appareil étant supporté par une ligne de soie de petit diamètre, passant, pendant l'opération, sur une poulie dynanométrique.

INFLUENCE DES COURANTS.

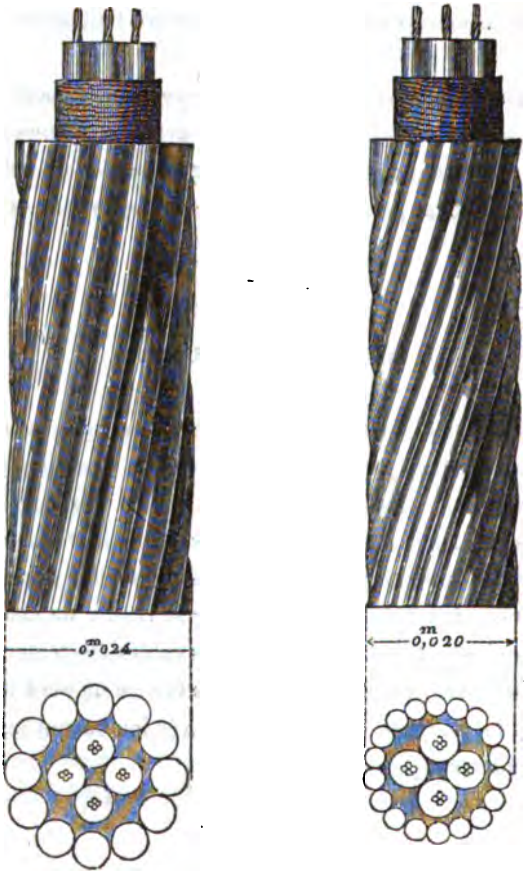
La mer est sillonnée de courants, dont beaucoup sont permanents. Ils ont été bien observés à la surface, où quelques-uns atteignent une vitesse de plus de 4^{km} à l'heure ; quant aux courants sous-marins, ils sont bien moins connus. On a constaté leur existence, souvent même leur direction ; mais on ne possède aucune donnée précise sur leur vitesse. Il est donc impossible de se rendre un compte exact de l'action qu'ils peuvent exercer sur les câbles électriques pendant la pose. Disons seulement que, toutes les fois qu'on aura le choix, il faudra adopter un tracé qui suive leur direction ou qui les traverse le plus obliquement possible.

LONGUEUR DE CABLE NÉCESSAIRE.

Lorsqu'on a fait toutes les études préparatoires, on calcule, d'après le profil de la route, d'après l'influence probable des courants et d'après les pertes accidentelles possibles, la longueur du câble dont on a besoin. On trouvera qu'il faut, en moyenne, 25 p. 100 en plus de la distance des deux points que l'on veut mettre en communication.

Ces études n'ont pas toujours été traitées avec assez d'attention. Ainsi, dans la pose, faite par M. Newall, du câble (fig. 4) qui relie

Fig. 4.



câble des côtes. câble des grandes profondeurs.

la Sardaigne à l'Afrique, on n'avait que 147 milles de câble pour franchir une distance de 125 milles. Arrivé à 10 milles du cap Teulada, tout était immergé; mais des précautions ont été prises pour pouvoir repêcher le câble mouillé, en cet endroit, à 80 brasses de profondeur, et, quelques semaines après, le circuit électrique a pu être complété. Toutefois, le peu de soin apporté dans le raccordement des deux câbles a causé la perte de deux voies électriques.

CONDITIONS GÉNÉRALES AUXQUELLES ON DOIT SATISFAIRE POUR LA POSE DES CABLES.

Les opérations préliminaires étant terminées, on procède à la pose, qui se réduit à ce problème :

Etant donné un câble quelconque dont on connaît la densité dans l'eau et la résistance à la traction, en opérer la pose, de telle sorte que la somme de toutes les tensions qu'il peut supporter à un moment quelconque soit toujours inférieure à son coefficient de rupture.

Les efforts qui agissent sur les câbles sont dus à plusieurs causes, dont les principales sont :

Le poids du câble en suspension;

L'action de l'eau sur le câble descendant dans une position oblique;

La marche et les oscillations du navire;

L'action des courants;

La diminution de vitesse de déroulement causée par le serrage des freins;

La résistance due au frottement de l'eau, qui agit sur le câble en sens contraire des autres forces.

La somme de toutes ces tensions produit des effets très complexes, les causes qui les déterminent variant beaucoup elles-mêmes dans les différentes phases de la pose.

Il est donc important d'avoir des indicateurs, aussi exacts que possible, de la tension du câble, de sa vitesse de déroulement, de la vitesse du navire, et de pouvoir faire varier à volonté ces trois éléments, suivant que l'exigent les circonstances.

Il faut, de plus, que le câble soit placé, dans le navire, de façon à pouvoir se dégager facilement, sans qu'il se forme de nœuds et sans qu'il y ait danger pour les hommes de manœuvre.

DES CABLES SOUS-MARINS AU POINT DE VUE DE LA POSE.

Au point de vue de la pose, on peut ranger les câbles en deux classes : les câbles lourds et les câbles légers.

Ces différents câbles se composent eux-mêmes de deux parties bien distinctes : les voies de transmission, qui peuvent être disposées de la même manière dans les deux systèmes, et l'armure de résistance.

Voies de transmission.

Fig. 5.

Chaque voie électrique est formée d'un ou de plusieurs fils de cuivre recouverts d'une ou de plusieurs gaînes de gutta-percha.

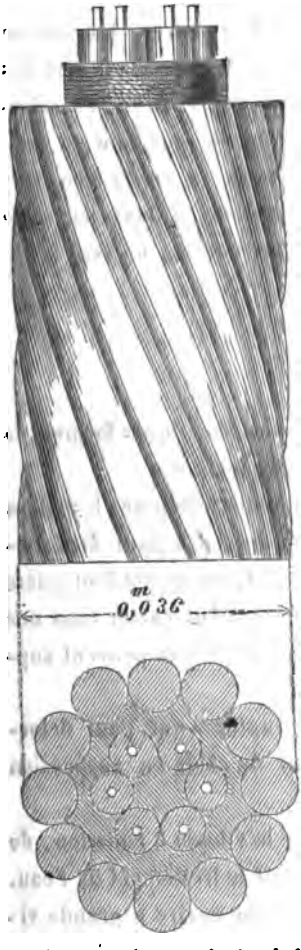
Dans les câbles de M. Brett, les voies se composent d'un seul fil de cuivre de $1.^{m}/_{m}$ à $2^{m}/_{m}$ de diamètre. Dans ceux de Newall, au contraire, elles sont faites de quatre fils de cuivre de $0.^{m}/_{m}5$ de diamètre, tortillés ensemble. Enfin, dans le câble américain (fig. 5), la transmission doit se faire par sept fils de $0.^{m}/_{m}5$ de diamètre, tortillés ensemble et ne formant qu'une seule voie électrique.

Le but qu'on se propose en formant chaque voie de plusieurs fils, c'est de favoriser l'allongement et d'empêcher que la rupture de chacun de ces fils en divers points ne devienne une cause d'interruption pour le circuit électrique, avantages précieux dont la réalisation est ici bien discutable. La disposition en spirales employée par M. Balestrini est très supérieure; c'est la seule qui offre une entière sécurité, parce qu'en effet, les voies électriques sont susceptibles d'un plus grand allongement que l'armure de résistance. On peut aussi l'appliquer aux câbles à une seule voie, en employant des fils de

plus petites dimensions et en les réunissant ensuite dans le même circuit.

Pour plus de simplicité et d'économie, voici ce que nous avons proposé pour les câbles à une voie.

Fig. 6.



Sur une mèche de gutta-percha de 1 à $2^{m}/_{m}$ de diamètre, on enroule en spirales très allongées 3 ou 4 fils de cuivre de $0.^{m}/_{m}5$ de diamètre, et on recouvre le tout d'une double gaîne de gutta-percha. Cette disposition, qui n'est qu'une conséquence de celle de M. Balestrini, permet un allongement considérable, sans nullement fatiguer les fils; de plus, elle peut être employée avec avantage pour les câbles à plusieurs voies, sans qu'il y ait aucun danger à placer ces dernières en lignes droites. L'armure est composée de torons en fils de fer ou en chanvre, suivant que le câble doit être immergé dans les faibles ou dans les grandes profondeurs.

Les autres câbles, dans lesquels les voies électriques sont en lignes droites, ne présentent aucune sécurité toutes les fois qu'on a à traverser de grandes profondeurs.

Il suffit, pour s'en convaincre, de citer les accidents arrivés dans la pose du câble de M. Brett et de celui de M. Newall dans la Méditerranée.

Le premier, qui réunit la Spezzia à la Corse, est un câble à 6 voies (fig. 6); il pèse 8 tonnes par mille. Arrivé à une profondeur de 200 brasses, le câble se mit à filer avec une grande vitesse, malgré

tous les moyens employés pour l'arrêter. Il se perdit ainsi 2 milles de câble dans l'espace de 2 à 3′; quand on l'arrêta, on put reconnaître que la communication était interrompue. Il fallut un temps considérable pour réparer cet accident.

Le second dont nous voulons parler réunit Cagliari à Bône. La plus grande profondeur traversée est de 2,800 mètres. La pose se fit sans accident pour l'armure de résistance, et cependant une des 4 voies électriques a été rompue pendant le trajet. Ainsi, ce même câble (fig. 4) dont la pose, comme nous l'avons dit plus haut, a failli échouer par le manque de longueur nécessaire, a perdu une voie pendant le trajet, par suite d'un excès de tension, et deux par suite d'une mauvaise soudure. Sur 4 fils de transmission, un seul fonctionne donc aujourd'hui.

Armures de résistance.

Quel que soit le système employé, les voies électriques forment la mèche d'un câble en fil de fer ou en matières textiles.

Les câbles en fil de fer, constituant, en matière de pose, les câbles lourds, demandent des précautions toutes spéciales pour être immergés dans les grandes profondeurs. En effet, ils ne perdent guère dans l'eau plus de 1/7 de leur poids, ce qui les fait casser sous une longueur comparativement bien moindre que celle que peuvent supporter les câbles légers.

Il y a deux moyens pour empêcher les ruptures que peut déterminer le poids d'une trop grande longueur de câble en suspension dans l'eau.

Le premier consiste à laisser s'accroître la vitesse d'émission, de manière à augmenter l'allégement produit par le frottement de l'eau. On a avantage, dans ce cas, à faire marcher le navire à grande vitesse. Cependant, il y a toujours une perte considérable de câble, laquelle peut s'élever, dans certains cas, à plus de 50 p. 100 de la distance totale à parcourir. Cette méthode n'est donc pas à imiter.

Le second a été proposé par M. Balestrini : il consiste à modérer la descente par l'emploi de parachutes et de flotteurs que l'on attache au câble pendant l'émission. Les parachutes sont moins encombrants à bord et plus économiques que les flotteurs, mais ils cessent d'être efficaces du moment que le câble ne descend plus; circonstance qui deviendrait très grave dans le cas où un accident sur le bateau forcerait à suspendre l'opération. Sans toutefois repousser les parachutes, qui, dans beaucoup de cas, sont suffisants et peuvent faire un bon service, nous dirons que les flotteurs nous paraissent résoudre complétement la question, surtout avec la précaution que prend M. Balestrini pour qu'ils se détachent d'eux-mêmes après la pose. Ce résultat est très simplement obtenu en réunissant chaque flotteur à la corde qui doit le fixer au câble par un scellement soluble dans l'eau de mer.

D'autres moyens ont été proposés depuis pour alléger les câbles lourds.

M. John Delahaye, entre autres, propose d'envelopper les câbles d'un enduit soluble et léger qui les fasse flotter pendant un certain temps. Nous ne pouvons porter un jugement sur cette composition, que l'inventeur ne fait pas connaître; mais nous avons bien de la peine à nous la figurer pratique, ou tout au moins assez peu coûteuse pour être employée.

Nous ne parlerons pas des autres moyens proposés : les uns ne sont pas applicables, et les autres rentrent dans ceux de M. Balestrini.

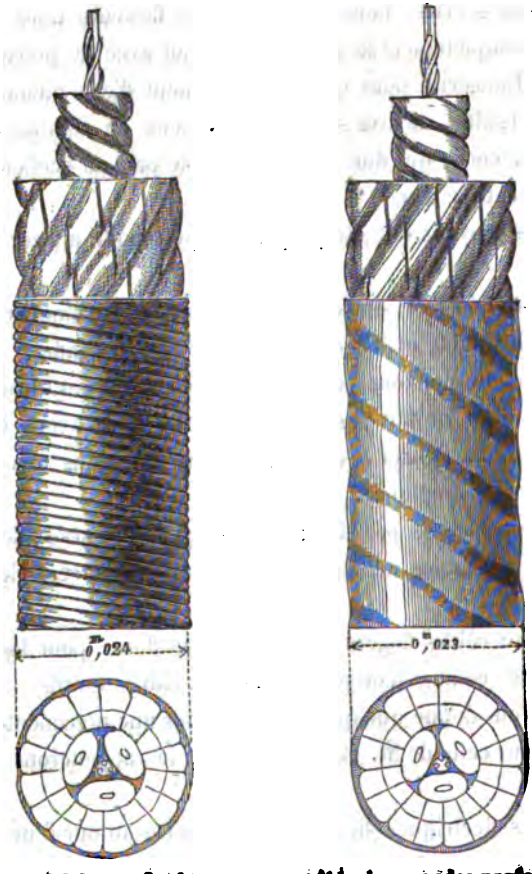
Quant aux câbles légers, nous les regardons, pour les grandes profondeurs, comme bien préférables aux câbles lourds.

Nous avons donné quelques détails, dans une précédente communication, sur celui de M. Balestrini. Nous le rappellerons en peu de mots.

Les voies électriques (fig. 7) sont enroulées autour d'un fil de caret sur lequel on a disposé en spirales trois fils de cuivre destinés à

la décharge des courants d'induction. Le tout ainsi disposé devient la mèche d'un câble en chanvre qui est lui-même enveloppé d'une toile imperméable ou d'une armure métallique, suivant qu'il doit être immergé dans les grandes ou dans les faibles profondeurs. Toutes les enveloppes constituantes de ce câble sont en spirales croisées les unes sur les autres de manière à neutraliser toute tendance à la détorsion.

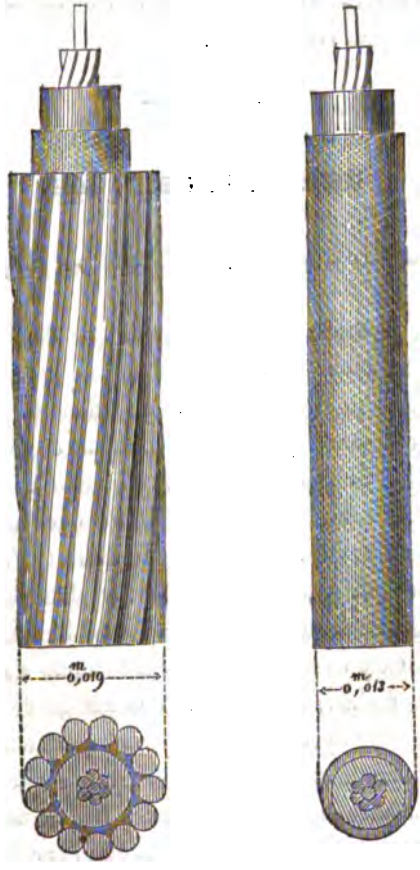
Fig. 7.



câble des faibles profondeurs. câble des grandes profondeurs.

Citons, comme mémoire, deux autres câbles légers. L'un a été proposé par M. Witerhouse. Dans ce câble, l'armure de résistance est formée de torons en chanvre au centre desquels se trouve un fil de fer de petite dimension.

Fig. 8.



Câble des côtes. Câble des grandes profondeurs

L'autre (fig. 8), dont M. Allan est l'auteur, diffère des autres systèmes en ce que l'enveloppe de résistance, composée de 6 fils de fer de 1 millim. 5 de diamètre, est directement appliquée sur le fil

de cuivre destiné à la transmission ; le tout est enveloppé d'une gaîne épaisse de gutta-percha préservée elle-même par une toile imperméable couverte de sable très fin. Le câble destiné aux faibles profondeurs est en outre protégé par une armure composée de 13 torons en fil de fer de 3 à 4 millim. de diamètre.

De ces trois câbles, celui de M. Balestrini est incontestablement le meilleur et le plus économique.

DISPOSITION DU CABLE A BORD.

Le câble peut être mis sur des dévidoirs ou simplement enroulé sur lui-même.

La première méthode ne peut convenir que dans des cas très restreints. Si la longueur du câble était un peu considérable, il faudrait un dévidoir d'une grande dimension, dont la masse, jointe à celle du câble, serait énorme. La puissance vive qu'acquerrait tout cet ensemble ne permettrait pas d'obtenir en temps utile les variations dont on a besoin pour faire coordonner la vitesse d'émission avec celle du navire. Tout cela se traduirait, dans les diminutions de marche, par une perte de câble, et, dans les accélérations, par une insuffisance de dévidement qui, dans bien des cas, produirait la rupture. Cela est regrettable : car l'emploi du dévidoir, supprimant tous les dangers de torsion, de formation de nœuds et d'embarras dans le développement des spires, permettrait de doubler sans crainte la marche du navire. Or, la grande vitesse est un progrès sur l'importance duquel on ne saurait trop insister.

Le moyen exclusivement adopté aujourd'hui consiste à enrouler le câble sur lui-même. Pendant l'émission, les spires se déroulent suivant la génératrice de cônes dont le sommet est la poulie de renvoi. On comprend facilement que plus ces cônes sont allongés, moins on a à craindre la formation de nœuds. Aussi y a-t-il intérêt,

toutes les fois que l'aménagement rend la chose possible, à disposer le câble dans l'intérieur du navire au lieu de le mettre sur le pont.

La meilleure installation de câble à bord a été faite par MM. Newall et Liddle, sur *l'Elba*, bâtiment à hélice d'une puissance de 100 chevaux.

Le câble s'enroule, dans l'intérieur du bâtiment, autour d'un noyau conique en bois dont la hauteur dépasse le niveau des dernières spires du câble. Quatre cercles en fer de différents diamètres, reliés entre eux de manière à figurer assez bien un immense porte-abat-jour de lampe, enveloppent la partie supérieure du noyau. Il résulte de cette disposition que le câble, en se dévidant, passe entre les deux cônes, et se trouve guidé d'une manière efficace. La poulie de renvoi, fixée au-dessus du banc de quart, est à une distance très convenable de l'endroit où le câble est emmagasiné.

Cette méthode d'enrouler le câble sur lui-même a des inconvénients qu'il convient d'atténuer autant qu'on peut. Ainsi, à chaque tour de spire qui se déroule, le câble est tordu d'un tour sur lui-même. Le sens de l'enroulage n'est donc pas indifférent; il doit être tel que l'effet dont nous parlons agisse dans le sens de la torsion naturelle des spires du câble, et non dans celui de la détorsion; sans cela, on arriverait à ce résultat, que l'armure de résistance s'allongerait, et que les voies électriques, au contraire, se raccourciraient; la rupture de ces dernières serait donc à peu près certaine. Il faut encore que la longueur développée des spires soit aussi grande que possible, de manière à rendre la torsion minimum: c'est là une chose qu'il faut observer avec le plus grand soin. Le câble, soumis à une torsion trop multiple, peut former des nœuds, ou se poser en spirale sur le fond, au lieu de s'y développer. Il peut encore arriver, pour les câbles de très fortes dimensions, que leur tendance à se détordre soit assez grande pour être un obstacle à la direction du navire.

Personne n'a pu mieux observer ces faits que M. Brett, dans sa tentative de pose du premier câble qui devait relier la Sardaigne à

l'Afrique. Ce câble était à 6 voies et pesait 8 tonnes par mille. Arrivé en un point où la profondeur est de 640m, on pouvait à peine avancer. Le câble fila alors avec une vitesse énorme, comme cela était arrivé l'année précédente, avec un pareil câble (fig. 8), entre la Spezzia et la Corse. Il se fit 7 nœuds sur une longueur de 40m, et 4 des voies électriques se cassèrent. Pendant tout ce temps, le navire tournait sur lui-même. Enfin un paquet de nœuds se casse, et le câble fut perdu.

Un moyen d'empêcher tous ces effets serait d'enrouler le câble en forme de 8 : alors, à chaque tour développé, il y aurait une demi-torsion dans un sens et une demi dans l'autre. Cet arrangement aurait bien l'inconvénient d'augmenter la hauteur du câble à l'endroit des croisements et de rendre le dévidage un peu plus difficile; mais on doit pouvoir obvier à ces légers inconvénients, et, s'il n'y a pas d'autre objection, il nous semble qu'on peut l'adopter.

ÉMISSION DU CABLE A LA MER.

Le mouillage du câble peut s'effectuer en produisant le dévidage, soit par un moteur spécial, soit par la marche même du vaisseau. Ce dernier moyen est le seul qu'on ait employé.

L'appareil adopté pour cette opération consiste en un ou deux tambours à frein de 2m à 2m.50 de diamètre. Ces tambours doivent être aussi légers que possible, de façon à n'exiger qu'un faible excès de tension sur le câble pour vaincre leur inertie; il faut donc les construire en fer forgé, et non en fonte. Le câble s'enroule plusieurs fois sur ces tambours; de là il passe sur une poulie, ou simplement sur un coussinet en bronze fixé sur le bordage, et il tombe à la mer.

On conçoit que le câble, une fois fixé à terre, éprouve par la marche même du navire, et bientôt par un simple pesanteur, un effort

suffisant pour déterminer l'émission; la vitesse alors est réglée sur celle du bâtiment par la résistance des freins.

Le système à deux tambours a été employé par M. Brett dans la pose du câble de la Spezzia à Bastia, et par la *Société transatlantique* dans son essai de pose du câble américain. Il est préférable, comme l'a fait M. Newall, de n'employer qu'un seul tambour. On diminue ainsi beaucoup la masse de l'appareil, et le câble est bien moins fatigué. Le frein que l'on emploie se compose d'une lame de fer ou d'acier embrassant le tambour, contre lequel on la serre au moyen d'un grand bras de levier. L'effet produit peut être très énergique; mais, tel qu'il a toujours été construit, ce frein a le grave inconvénient de devenir très dangereux dans des mains peu exercées. En effet, en abaissant un peu trop vivement le bras de levier, il agit d'une manière brutale, et la partie du câble en suspension reçoit alors un choc qui peut occasionner une rupture.

C'est précisément ce qui est arrivé dans la pose du câble transatlantique; on a perdu ainsi 400 kilomètres de câble qui étaient immergés au moment où l'accident s'est produit.

Il faut nécessairement mettre d'autant plus de temps à diminuer la vitesse de descente que la longueur en suspension est plus grande. Dans le cas dont il s'agit, elle était de plus de 3000^{m}.

Un frein destiné à ce genre de travail ne doit pouvoir se serrer que par une progression lente. Il n'y a jamais danger de rupture à laisser filer le câble, au contraire, et tout le malheur, dans ce cas, se résume à une simple perte de longueur. Aussi nous considérons comme une bonne mesure de prudence de ne pouvoir serrer les freins que par l'intermédiaire d'un mouvement à vis plus ou moins analogue à ce qui est employé dans les chemins de fer. Nous décrirons bientôt un appareil qui nous paraît réunir toutes les conditions désirables de sécurité.

L'idée d'employer un moteur pour produire l'émission n'a pas été appliquée. Dans la pose du câble transatlantique, on avait bien

une machine à vapeur pour faire tourner les tambours ; mais elle était destinée seulement à relever le câble en cas d'accident.

En procédant ainsi, on aurait le grand avantage d'avoir une vitesse d'émission constante, et par conséquent d'écarter les dangers qui résultent d'un ralentissement brusque. Le navire, dans ce cas, devrait avoir une parfaite régularité de marche à toutes les vitesses ; de plus, les manœuvres que nécessite chaque changement de régime exigeraient une grande précision. On conçoit, en effet, que, si la vitesse du bâtiment devenait plus grande que celle de l'émission, la rupture du câble serait certaine.

Ce sont là des difficultés à résoudre, qui rentrent dans le domaine de la navigation, et que nous nous bornons à signaler.

Dans l'état actuel des choses, on doit préférer le premier mode d'émission ; mais nous pensons que ce dernier mérite d'être étudié avec soin.

INDICATEURS.

Indicateur de la tension du câble.

Il est de toute importance d'avoir un appareil qui indique à combien travaille le câble pendant la pose. L'indicateur de la tension est aux câbles sous-marins ce que l'indicateur de la pression est aux chaudières à vapeur.

Nous sommes étonné que les Anglais ne s'en soient pas plus préoccupés. Dans la pose du câble d'Algérie, l'un des derniers établis, on n'avait songé à aucun appareil de ce genre. Ce n'est que la veille du départ de Bône que M. Newall en fit construire un sur l'insistance de M. Siemens. Ce savant allemand était venu à Bône installer lui-même, pour la ligne sous-marine, sa machine à transmission.

L'appareil imaginé par M. Siemens à cet effet est très-bon, il est de plus d'une construction bien simple. Il se compose d'une poutre en bois, placée au-dessus du câble, entre le treuil et le bordage du navire. Cette poutre se termine à l'un des bouts par deux tourillons qui lui permettent d'osciller librement; l'autre extrémité est munie d'une poulie à gorge qui, en appuyant sur le câble, lui fait prendre une flèche dont les différentes hauteurs indiquent la tension supportée.

Indicateur de la vitesse d'émission.

Pour mesurer la vitesse d'émission, les Anglais emploient un compteur mis en mouvement par le tambour. Cet appareil permet de comparer la longueur immergée au chemin parcouru ; il est donc nécessaire, mais il n'est pas suffisant ; il faut un indicateur qui, sans calcul, et instantanément, donne la vitesse d'émission, et non la quantité émise : chose facile à obtenir en transmettant, par exemple, le mouvement de rotation du tambour à un pendule conique dont la tige est graduée en vitesses.

Indicateur de la vitesse du navire.

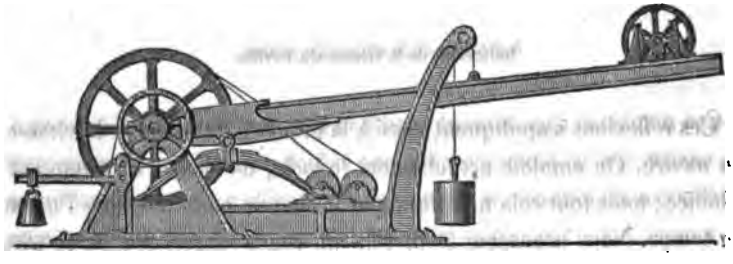
Ces réflexions s'appliquent aussi à la manière de mesurer la vitesse du navire. On emploie actuellement le loch, ou encore un compteur à hélice ; mais tout cela n'indique pas le chemin parcouru dans l'unité de temps. Nous proposons pour cela un appareil très simple et très sensible, que M. Siemens et nous avions établi sur le *Monzambano* pour faire quelques expériences ; il consiste en une ligne de loch laissée à la traîne, et d'une longueur telle, par exemple, que 1 kg de tension produite par le frottement de l'eau corresponde à une vitesse de $1^{k}/_{m}$ à l'heure. Cette ligne serait attachée à un dynamomètre ordinaire, au lieu d'une romaine que nous avions à bord. On peut encore faire usage du loch de M. Clément, composé d'une boule

placée dans la partie plongeante du bâtiment, et qui prend diverses inclinaisons sous différentes vitesses. Les mouvements de cette boule sont communiqués à une aiguille. Quel que soit le moyen employé, il y aura toujours une erreur provenant de ce que les indications ne peuvent tenir compte de la vitesse et de la direction des courants. On aura donc la vitesse relative du vaisseau, mais non sa vitesse absolue.

En résumé, les appareils jusqu'ici employés pour la pose des câbles sous-marins se composent d'un ou de deux tambours à frein et d'un compteur, auxquels on a ajouté dans ces derniers temps un indicateur de la tension. Ils sont donc très simples, trop simples même, car ils ne répondent que d'une manière incomplète aux conditions à remplir.

MACHINE DE POSE DE M. BALESTRINI.

Fig. 9.



Il nous reste à décrire une machine de pose (fig. 9) qui nous semble très bien appropriée à ce genre de travail. M. Balestrini, à qui en appartient l'idée, a cherché à réaliser les conditions suivantes :

1° Alléger suffisamment le câble pour en régler la descente, sans qu'il casse sous son propre poids, et pour lui permettre de décrire

une longue chaînette en descendant à la mer. Ce dernier avantage a pour conséquence de diminuer les chances de ruptures causées par les mouvements du vaisseau.

2° Amortir toutes les forces qui peuvent, en imprimant au câble des mouvements brusques, lui faire supporter quelquefois un grand excès de tension. Ces efforts sont produits par le tangage, l'accélération de marche du navire, l'action trop immédiate des freins, etc.

3° Régler à volonté et d'une manière graduée l'émission du câble, de façon à obtenir toujours un rapport convenable entre la vitesse d'émission et la marche du navire.

La première condition est obtenue par l'emploi des parachutes et des flotteurs dont nous avons déjà parlé.

La deuxième, consistant à amortir les chocs, est remplie de la manière suivante :

Un grand tambour, sur lequel passe le câble avant de tomber à la mer, se trouve placé entre deux longues poutres en bois ou en métal convenablement équilibrées. Ces deux poutres peuvent librement osciller, par l'un des bouts, autour de l'arbre du tambour; à l'autre extrémité est une poulie à gorge, dont les coussinets sont formés par des glissières qui appuient chacune sur un ressort. Chaque poutre enfin repose sur un gros ressort placé près de son axe d'oscillation. Dans cet appareil, le câble, quittant le tambour, passe sur la poulie à gorge pour se rendre à la mer. Tous les efforts qui se traduisent par un excès de tension sur le câble sont absorbés par les ressorts de la poulie et de la poutre, et se transforment en un mouvement d'oscillation très doux qui sert aussi à indiquer approximativement la tension exercée sur le câble.

La troisième condition est obtenue par l'emploi d'un modérateur.

Nous avons dit notre pensée sur les freins; tels qu'on les emploie aujourd'hui, ils sont trop dangereux; ils exigent de plus, pour leur manœuvre, une grande habileté et une attention des plus soutenues; inconvénients dont la gravité augmente encore pour les câbles légers, leur coefficient de rupture ne dépassant pas 2,000 kil.

Aussi avons-nous conseillé à M. Balestrini de n'employer les freins que comme un auxiliaire permettant d'arrêter l'émission dans les cas purement accidentels, et agissant en marche avec l'action combinée d'un régulateur. On opérerait alors le serrage des freins de manière à obtenir un minimum de tension qui serait complété par le simple effet du second organe.

Le modérateur que nous avons proposé se compose de deux roues à palettes verticales, tournant en sens contraire dans une bâche que l'on peut remplir d'eau ou vider à volonté, et qui est placée entre le bâti de la machine. Le mouvement de rotation est donné aux palettes au moyen d'engrenages et de deux courroies commandées par le tambour. Enfin, chacune des roues à palettes peut être débrayée ou embrayée pendant la marche, soit par les hommes de manœuvre, soit par la poutre elle-même à un point déterminé de sa course. On conçoit que le câble, en se déroulant, fait tourner les palettes, qui opposent une résistance très grande quand elles sont noyées, très faible, au contraire, quand elles tournent à vide. On est donc maître, par un simple jeu de robinets, de faire varier la résistance entre de très grandes limites pour une même vitesse. On peut aussi régler facilement l'appareil chaque fois que l'on veut modifier la marche du navire.

Comme frein, on emploie l'appareil ordinaire, avec cette seule différence que le bras de levier est chargé d'un poids mobile sur sa longueur. Cette disposition a l'avantage de maintenir toujours un effort constant et de ne fatiguer en rien l'homme chargé de la manœuvre.

Indicateurs.

Dans la machine de M. Balestrini, les mouvements de la poutre sont suffisants pour avertir de l'effort supporté par le câble; aussi toutes les oscillations sont transmises à une aiguille marchant devant un secteur gradué. Quant aux indicateurs de la vitesse d'émission et

de la marche du navire, ils seront construits conformément aux idées que nous avons émises.

Manœuvre.

On règle, au départ, la résistance des freins et du régulateur, de façon que la vitesse de déroulement corresponde à la vitesse du navire. Les hommes n'ont plus alors qu'une simple surveillance à exercer. Si la profondeur augmente de plus en plus, on en est prévenu par l'indicateur de la tension. Le câble a une tendance à aller plus vite, et il peut arriver un moment où l'action du régulateur soit insuffisante; on serre alors un peu les freins en reculant les poids. Si, la profondeur augmentant toujours, on arrive à la limite de tension que l'on ne veut pas dépasser, on attache des flotteurs ou des parachutes. Quand, au contraire, le câble remonte une pente, on fait les contre-manœuvres de ce que nous venons d'indiquer. Si l'on augmente la vitesse du navire, on diminue la résistance du régulateur en laissant échapper de l'eau jusqu'à ce que les deux vitesses correspondent; si on diminue la marche, au contraire, on ouvre le robinet d'introduction.

Ajoutons aussi que, quand le fond de la mer descend ou remonte rapidement, ce dont on est prévenu par l'indicateur de la tension, il faut que la vitesse d'émission soit plus grande que la vitesse du navire, et cela dans un rapport que des sondages préliminaires peuvent seuls indiquer approximativement. Si le fond est horizontal, on monte en pente très douce, les deux vitesses doivent être égales. Enfin, si, la mer devenant assez forte, la flexion de la poutre était insuffisante pour amortir les chocs, on attacherait des parachutes ou des flotteurs : car plus le câble se rapprochera de l'horizontal, moins la longueur soulevée par les mouvements du vaisseau sera grande, moins aussi on augmentera l'effort de tension.

RÉSUMÉ.

En résumé, l'établissement des communications électriques sous-marines comprend trois opérations bien distinctes : les études préliminaires, la construction du câble et la pose.

Etudes préliminaires.

On doit d'abord déterminer, d'après la direction et l'influence probable des courants, la route à suivre; puis faire des sondes, sur tout le parcours, en nombre suffisant pour permettre d'exécuter le tracé du fond de la mer, et enfin calculer la longueur du câble nécessaire.

Construction du câble.

Les câbles employés doivent avoir la plus grande conductibilité possible. L'isolement des fils de transmission doit être parfait, de manière à ne laisser passage à aucune fuite du courant galvanique. Il faut chercher, par des moyens qui sont du domaine de la science, à neutraliser la résistance produite, sur les circuits, par l'électricité d'induction. Chaque toron en chanvre ou en fil de fer qui compose l'armure des voies électriques doit supporter, aussi exactement que possible, le même effort, quand on soumet le câble à la traction. On doit enfin limiter autant qu'on peut la longueur de l'armure métallique qui enveloppe les câbles, comme pouvant se charger d'électricité magnétique et influencer le courant de transmission. Cette précaution doit être surtout observée dans les câbles qu'on posera dans le sens du méridien magnétique, où cet effet est probablement augmenté.

Pour la pose, les câbles doivent satisfaire à cette condition fondamentale, que l'allongement à la rupture soit plus grand pour les voies électriques que pour l'armure de résistance. Il faut de plus, pour les grandes profondeurs, qu'ils puissent supporter leur propre poids sur la plus grande longueur possible en suspension dans l'eau.

Machines de pose.

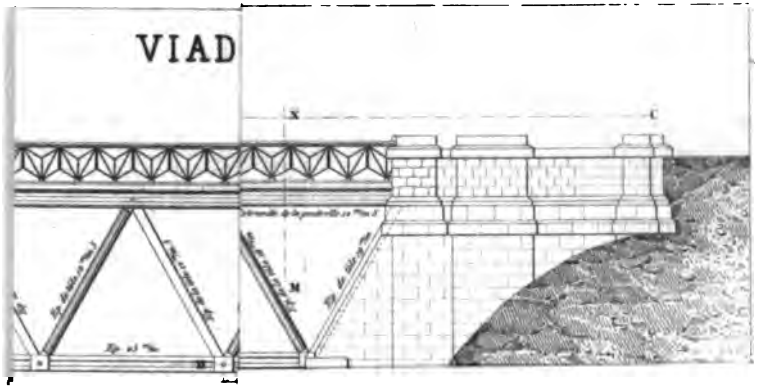
Les machines de pose doivent permettre l'émission à une assez grande vitesse de marche sans difficulté pour le dévidage, sans excès de torsion des spires, sans perte sensible de longueur, sans que la tension dépasse jamais une quantité déterminée par la résistance du câble. Il faut enfin que tous les appareils employés soient fondés sur ces principes : faire disparaître, ou au moins atténuer, tous les excès de tension produits sur le câble par les causes extérieures; fournir toutes les indications nécessaires pour permettre d'opérer à la vitesse voulue et dans les limites de tension déterminées.

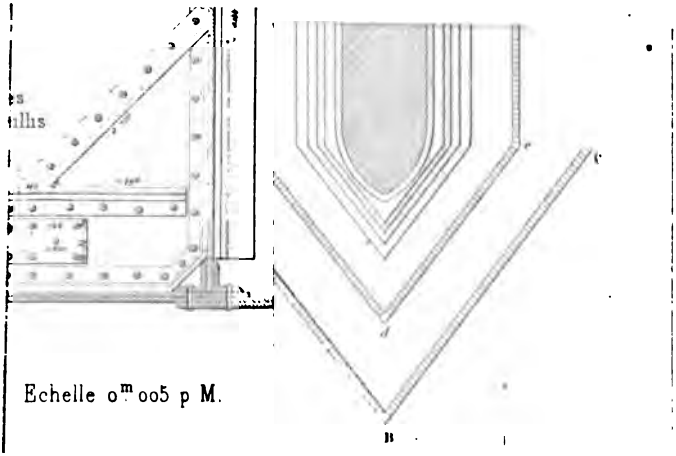
Si nous examinons tout ce qui a été fait jusqu'à présent, nous sommes obligé de reconnaître que les défauts graves que présentent les câbles lourds et l'insuffisance de moyens de pose ont fait échouer bien des tentatives, et celles, en petit nombre, qui ont réussi, doivent leur succès à un concours de circonstances favorables, mais étrangères à tout progrès sérieux; encore, dans le cas de réussite, a-t-on été obligé d'employer le câble avec une prodigalité inquiétante pour l'entreprise.

En présence de ces faits, nous croyons que l'on doit accorder une attention toute particulière aux innovations apportées par M. Balestrini, lesquelles résument actuellement la plupart des progrès apportés dans cette belle et grande question. Si, dans les moyens qu'il propose, quelques précautions peuvent paraître minutieuses, nous ferons observer que, dans une opération de pose où le câble travaille à un

coefficient très élevé, quelquefois même très voisin de la rupture, toute crainte est légitime, toute cause secondaire prend une importance qu'on doit s'efforcer de ne pas négliger.

Ajoutons, en terminant, qu'il suffit d'examiner les immenses résultats obtenus sur les continents par les communications électriques pour que la télégraphie sous-marine se présente d'elle-même comme une question pleine d'intérêt et d'avenir, pour la France surtout. La position géographique de notre pays, l'influence qu'il exerce en Europe, en font le point vers lequel un réseau sous-marin ferait converger tous les marchés du monde. Espérons que le concours d'hommes éminents viendra bientôt assurer ici l'exécution de ces vastes entreprises.


VIAD



Echelle o^{m} oo5 p M.

Gravé sur zinc par L. Guiguet

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre et Décembre 1857)

N° 39

Pendant ce trimestre on a traité les questions suivantes :

1° Construction et mise à l'eau du *Great-Eastern* (Voir le résumé des séances, p. 245 et 313);

2° Essieux de voitures et wagons (Voir le résumé des séances, p. 249);

3° Construction des boulons, écrous, harpons, clefs, rondelles, etc. (Voir le résumé des séances, p. 250);

4° Distribution des eaux dans la ville de Paris, par M. Trélat (Voir le résumé des séances, p. 253);

5° Construction du steamer américain le *Vanderbilt*, note de M. Gaudry (Voir le résumé des séances, p. 262);

6° Acier fondu de MM. Krupp (Voir le résumé des séances, p. 269);

7° Machine sous-marine du docteur Seurs (Voir le résumé des séances, p. 271) ;

8° Tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre (Voir le résumé des séances, p. 274) ;

9° Constructions économiques et hygiéniques de M. Lagout (Voir le résumé des séances, p. 301) ;

10° Grille à gradins de MM. Chobrzynski et de Marsilly (Voir le résumé des séances, p. 302) ;

11° Boîtes à graisse du chemin de fer d'Orléans (Voir le résumé des séances, p. 304) ;

12° Hélice propulsive de M. le capitaine Vergne (Voir le résumé des séances, p. 305) ;

13° Horloges électriques (Voir le résumé des séances, p. 308) ;

14° Signaux du chemin de fer du Nord (Voir le résumé des séances, p. 318) ;

15° Meules artificielles de M. Ransome (Voir le résumé des séances, p. 326) ;

16° Essieux coudés (Voir le résumé des séances, p. 328) ;

17° Situation financière de la Société (Voir le résumé des séances, p. 333) ;

18° Election générale des membres du bureau et du comité (Voir le résumé des séances, p. 335).

Dans la séance du 18 décembre, la Société a procédé aux élections des membres du bureau et du comité pour l'année 1858. Le résultat du scrutin a donné la composition suivante :

Président :

FLACHAT (Eugène) ✻✻, rue de Londres, 51.

Vice-Présidents :

MM. FAURE (Auguste), boulevard Saint-Martin, 55.
NOZO (Alfred) ✻, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
PETIET (J.) O ✻✻✻✻, rue Lafayette, 34.
THOMAS (Léonce) ✻, rue des Beaux-Arts, 2.

Secrétaires :

MM. Ser, cité Trévise, 26.
Guillaume, rue de Lancry, 55.
Peligot (Henri), cité Trévise, 26.
Gaudry (Jules), rue des Pyramides, 6.

Trésorier :

M. Loustau (G.), rue de Saint-Quentin, 23.

Membres du Comité.

Degousée ✻, rue de Chabrol, 35.
Salvetat ✻, à Sèvres (Manufacture impériale).
Alcan (M.) ✻, rue d'Aumale, 23.
Callon (C.) ✻, rue Royale-Saint-Antoine, 16.
MM. Chobrzynski ✻, rue du Nord, 11.
Yvon Villarceau, à l'Observatoire.
Forquenot, boulevard de l'Hôpital, 7.
Polonceau (C.) O ✻, quai Malaquais, 9.
Barrault (Alexis) ✻, rue de Clichy, 63.
Vuigner (Emile) O ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.
Molinos (Léon), rue Chaptal, 22.
Trélat (Emile) ✻, rue de la Tour-d'Auvergne, 37.
Bergeron, rue de Lille, 79.
Houel ✻, quai de Billy, 48.
Laurent (Charles), rue de Chabrol, 35.
Alquié, rue d'Enghien, 15.
Breguet ✻, place de la Bourse, 4.
Mathias (Félix) ✻✻✻, rue de Saint-Quentin, 23.
Yvert (Léon), rue Tronchet, 29.
Laurens ✻, rue des Beaux-Arts, 2.

Président honoraire :

M. A. Perdonnet O ✻, au chemin de fer de Strasbourg.

Pendant ce trimestre la Société a reçu :

1° De la Société d'encouragement, son Bulletin des mois d'août et septembre ;

2° Les numéros 2 et 3 du 15e volume de la *Revue d'architecture ;*

3° De MM. Perdonnet et Polonceau, membres de la Société, la 4e livraison du *Nouveau Portefeuille de l'Ingénieur des chemins de fer ;*

4° Du journal *The Engineer*, les numéros des 18 et 25 septembre, 2, 9, 16, 25 et 30 octobre ; 6, 13, 20 et 27 novembre 1857 ;

5° De M. Tardieu, membre de la Société, la traduction d'une note sur la machine sous-marine du docteur Seurs ;

6° De S. A. I. le prince Napoléon, un exemplaire de son rapport sur l'Exposition universelle de 1855 ;

7° De M. Emile With, un exemplaire de ses revues industrielles ;

8° De MM. Molinos et Pronnier, membres de la Société, un exemplaire de leur *Traité théorique et pratique de la construction des ponts métalliques ;*

9° De M. Oppermann, le numéro d'octobre des *Nouvelles Annales de la construction ;*

10° De M. Trélat, membre de la Société, une note sur la distribution des eaux dans la ville de Paris ;

11° De M. Krupp, un rapport sur des essais faits sur deux pièces de canon ;

12° De M. Tourasse, une note sur un frein instantané ;

13° De la Société impériale et centrale d'agriculture, un exemplaire de ses derniers Bulletins ;

14° De la Société minérale de Saint-Etienne, son Bulletin d'avril, mai et juin 1847 ;

15° Des *Annales des ponts et chaussées*, son Bulletin de juillet et août 1857;

16° De la Société de Mulhouse, son Bulletin n° 141;

17° De M. Oppermann, le numéro d'octobre du *Nouveau Portefeuille économique des machines;*

18° De M. Curtel, membre de la Société, un exemplaire de son mémoire sur la fabrication et le prix de revient des rails;

19° De M. Thomé de Gamond, une note sur son avant-projet de tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre;

20° De M. Noblet, éditeur, les 30, 31, 32, 33 et 34e livraisons du *Portefeuille de John Cockerill;*

21° De M. Chuwab, membre de la Société, une note sur un nouveau frein;

22° De M. Prisse, membre de la Société, un exemplaire d'une note sur le mode de construction de la toiture d'un atelier de réparation et d'une remise à locomotives;

23° De M. Lagout, ingénieur des ponts et chaussées, plusieurs rapports sur les constructions économiques et hygiéniques;

24° De M. Duhamel, son *Annuaire du consommateur d'acier;*

25° De la Société des Ingénieurs civils de Londres, les résumés des séances des 10 et 17 novembre 1857;

26° De M. Daguin, membre de la Société, un exemplaire d'une *Notice sur les fraudes qui se pratiquent dans la vente du sel;*

27° De M. Etienne, membre de la Société, une *Note sur la fabrication des essieux coudés;*

28° De M. Gajewski, membre de la Société, un Mémoire sur les charbons exportés de Cardiff (pays de Galles).

Les membres nouvellement admis sont les suivants, savoir :

Au mois d'octobre :

MM. Guillemin, présenté par MM. Callon, Boudsot et Renaud.
Ottavi, présenté par MM. Faure, Forquenot et Fèvre.
Sieber, présenté par MM. Loustau, Nozo et Alquié.
Thomé de Gamond, présenté par MM. Alquié, Yvert et Mayer.
Valentin, présenté par MM. Flachat, Callon et Faure.

Au mois de décembre :

MM. Delattre, présenté par MM. Love, Richoux et Tronquoy.
Larpent, présenté par MM. Flachat, Rhoné et Chabrier.

DESCRIPTION

DU

SYSTÈME DE TÉLÉGRAPHIE SOUS-MARINE

DE M. P.-A. BALESTRINI

PAR

M. P. DE BRANVILLE

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

En présence des tentatives que l'on fait tous les jours pour relier entre eux les réseaux télégraphiques des divers continents, nous croyons utile d'appeler l'attention de la Société sur un nouveau système de télégraphie sous-marine, qui nous paraît devoir résoudre la plupart des graves difficultés que présente aujourd'hui cet important problème.

L'auteur du système que nous allons décrire est M. Balestrini, le même à qui l'on doit un mode de construction de télégraphes souterrains, appliqué avec tant de succès en Angleterre et au Brésil. Cet habile ingénieur ne s'est pas attaché seulement à la recherche d'un câble qui fût exempt des graves inconvénients que présentent ceux que l'on emploie aujourd'hui, il a cherché aussi des moyens pratiques pour établir des embranchements sur des lignes déjà posées, et pour diminuer l'importance des ruptures de câble à l'approche des côtes, en localisant, pour ainsi dire, l'interruption du cir-

cuit. On peut obtenir ainsi de vastes réseaux sous-marins reliant par un même câble un grand nombre de points maritimes.

Nous citerons comme exemple le projet, soumis par M. Balestrini au Gouvernement français, d'une ligne à trois voies, établissant, au moyen de soixante stations, une communication entre la France, l'Italie, la Sicile, Malte, les îles Ioniennes, la Grèce et la Turquie. Nous pensons qu'un tel exemple suffit pour faire sentir tous les avantages qu'il y a au point de vue d'utilité commerciale, comme au point de vue de l'exploitation lucrative de la télégraphie sous-marine, à pouvoir correspondre directement, comme sur les lignes terrestres, non-seulement entre deux stations extrêmes, mais aussi d'un point quelconque d'un circuit avec un grand nombre de points intermédiaires.

Voici les moyens proposés par M. Balestrini pour l'établissement des communications électriques sous-marines.

CABLE.

Le câble est composé de la manière suivante :

Autour d'une mèche de chanvre de 3 millimètres de diamètre on enroule trois fils de cuivre de 1 millimètre de diamètre, destinés à la décharge de l'électricité d'induction qui se forme sur les voies de transmission ; sur cette mèche, ainsi préparée, on dispose en spirales les voies électriques, composées chacune d'un fil de cuivre 1,5 millimètre de diamètre, recouvert d'une double gaîne de gutta-percha ; chaque fil recouvert à 4 ou 5 millimètres de diamètre, suivant que le câble doit être immergé dans de petites ou de grandes profondeurs.

Ce câble électrique devient la mèche d'une corde en chanvre composée de 8 torons de 5 millimètres de diamètre, câblés en sens contraire des voies électriques, et rendus préalablement imperméables par un enduit à base de caoutchouc. Le tout est ensuite recouvert d'une bande de toile imperméable que l'on enroule en sens contraire des

torons de chanvre, et qui est destinée à empêcher tout effet de détorsion et à protéger le chanvre des frottements pendant le transport et la pose.

Tel est le câble qui doit être posé dans les profondeurs dépassant 400 mètres; pour les endroits moins profonds, il est protégé par une armature composée de 4 fils de fer galvanisé.

Voyons quels sont les avantages que présente un câble ainsi construit.

Détorsion.

Les divers éléments dont se compose le câble étant disposés en spirales croisées les unes sur les autres, on n'a plus à redouter, pendant la pose, les effets de détorsion et de formation de nœuds qui ont lieu dans ceux qui sont employés.

Flexibilité.

La flexibilité est remarquable; cela rend beaucoup plus facile l'aménagement à bord; de plus, on peut employer des treuils de renvoi d'un diamètre comparativement très petit.

Allongement.

La disposition en spirale des fils conducteurs a l'immense avantage de permettre au câble de s'allonger beaucoup, sans que ces fils soient soumis à un trop grand effort de traction; aussi la rupture commence-t-elle toujours par l'enveloppe de résistance. C'est le contraire qui se produit dans les autres systèmes.

Résistance.

Pour qu'un câble puisse atteindre de grandes profondeurs, il faut que sa résistance soit très grande, non d'une manière absolue, mais

relativement à son propre poids : c'est une condition que le câble de M. Balestrini remplit au plus haut degré. Nous en avons essayé différents échantillons de la manière suivante :

L'une des extrémités du câble était passée dans l'anneau d'une grue dynamométrique, l'autre supportait un plateau que l'on chargeait par poids de 20 kilogrammes. Ajoutons que le nœud était fait sans précaution spéciale, comme on ferait d'une corde ordinaire. Voici comment tous les échantillons se sont comportés à l'expérience :

La mèche centrale casse en plusieurs points sous une faible charge, et les fils neutres qui forment des spirales se développent sans se rompre à tous les points de rupture de la mèche. A mesure que l'on augmente la charge, les torons de chanvre compriment le câble conducteur, tendent à diminuer son diamètre, et favorisent ainsi son allongement. A 1,200 kilogrammes les fils neutres cassent, et à 1,500 la rupture du câble s'opère par celle des torons en chanvre, circonstance dont nous avons pu nous assurer en faisant passer un courant électrique par chacun des fils.

Le câble des faibles profondeurs pèse dans l'eau 1 kilogramme par mètre courant, et celui des grandes profondeurs moins de 0ᵏ.100. Il s'ensuit que, dans une eau très calme, la longueur du câble déterminant la rupture des fils neutres, qui s'opère la première, serait de 1,200 mètres pour le câble des faibles profondeurs, et de 12,000 mètres pour celui des grandes. Or, le premier ne va qu'à 400 mètres, et le second ira rarement au delà de 4,000 mètres. Les conditions dans lesquelles se trouve le câble de M. Balestrini, pour atteindre de grandes profondeurs, sont bien plus favorables que celles où se trouvent les câbles en fer, qui ne perdent guère dans l'eau plus de 1/7 de leur poids, et qui cassent sous des longueurs bien moins considérables. Ajoutons que, dans le câble de M. Balestrini, il sera toujours facile d'augmenter la longueur des fils neutres, en resserrant les spires, de manière qu'ils ne cassent pas avant les torons. La longueur déterminant la rupture totale sera ainsi portée à plus de 1,500 mètres.

Transmission.

Dans la transmission des courants à travers les circuits sous-marins, il se produit un phénomène remarquable qui consiste dans la production sur les circuits d'une certaine quantité d'électricité dite d'induction, qui a le pouvoir de retarder beaucoup la vitesse des courants voltaïques. D'après des expériences faites en Angleterre sur une grande échelle, on a été conduit à supposer que, dans les fils électriques isolés et placés dans une enveloppe humide ou métallique, le courant électrique est capable de charger le fil conducteur d'électricité statique, et que le câble devient alors une véritable bouteille de Leyde dont les fils conducteurs, d'une part, et l'enveloppe humide ou métallique, d'autre part, forment les deux armures séparées par les couches isolantes de gutta-percha. D'autres personnes admettent qu'il se produit, au contraire, sur la gutta-percha, un courant d'induction en sens contraire du courant direct. Quoi qu'il en soit, M. Balestrini se propose de combattre ces influences retardatrices, soit en établissant, dans l'intervalle de deux signaux consécutifs, la communication des fils conducteurs et des fils neutres, de manière à recombiner les deux électricités statiques, comme on le fait avec une bouteille de Leyde; soit en faisant passer dans ces fils un courant voltaïque en sens contraire de celui qui passe dans les fils de transmission, de manière à en neutraliser l'influence; soit enfin en faisant communiquer les extrémités des fils neutres avec la terre, de manière à produire l'écoulement des courants induits.

Il est impossible d'affirmer *a priori* que les moyens proposés par M. Balestrini auront tout l'effet utile que l'auteur en attend. En tout cas, l'addition de ces fils neutres n'augmentant pas le prix des câbles d'une manière bien sensible, il serait intéressant d'en faire l'expérience; si elle ne réussissait pas, on se retrouverait dans les conditions ordinaires, où il ne reste, pour combattre l'influence dont nous avons parlé, que d'alterner à chaque signal le sens du courant électrique, ou, comme l'a proposé M. Whitehouse, d'employer, pour

la transmission, des courants magnéto-électriques, qui, grâce à leur force d'expansion, peuvent franchir de plus grandes distances.

STATIONS SOUS-MARINES.

Un problème important à résoudre dans l'établissement de circuits sous-marins reliant un grand nombre de points consisterait à pouvoir établir des embranchements, et à empêcher que la rupture des câbles à l'approche des côtes, ou des fils terrestres allant aux postes télégraphiques, ne fût une cause d'interruption pour toute la ligne.

M. Balestrini emploie pour cela un appareil qu'il appelle station sous-marine, au moyen duquel le circuit est ainsi disposé : le câble de la ligne ne vient pas à la côte, il en passe à quelques centaines de mètres, suivant la nature du fond et la profondeur.

Arrivé au point où l'on veut prendre terre, on interrompt la ligne; les deux bouts que l'on obtient se raccordent au moyen de la station : 1° avec un câble destiné à aller à terre; 2° avec des bobines sur lesquelles est enroulée une longueur de fil représentant, au passage de l'électricité, une résistance double à peu près de celle qui est due à la longueur des fils allant de la station sous-marine au poste télégraphique. L'emploi de ces bobines, dites bobines de résistance, est une application du principe des courants dérivés.

La station sous-marine est composée ainsi qu'il suit :

Boîte de raccordement.

Cette boîte est en fonte : elle a beaucoup d'empattement, pour lui permettre de bien s'ancrer sur le fond et de résister à l'action des courants; elle est disposée aussi de telle sorte que l'on puisse la relever ou la mouiller sans fatiguer le câble aux points d'encastrement. Le couvercle a la forme d'une calotte sphérique dont le sommet se termine par un anneau auquel on attache une bouée qui indique la place où la station est mouillée. Enfin, autour de cette boîte est une rampe en fer permettant à une ancre de la saisir et de la relever.

Cylindre d'attache.

C'est un cylindre creux en fonte, fermé à la partie supérieure par une paroi percée d'un trou à son centre, et dans laquelle sont ménagées des rainures qui reçoivent le câble à son entrée dans la station. Ces rainures sont faites de telle sorte que les câbles y entrent normalement à la boîte de raccordement, et en sortent tangentiellement au cylindre d'attache, autour duquel ils font plusieurs tours, après quoi les fils électriques sont dégagés des torons de chanvre, qui sont attachés à des crochets ménagés à cet effet dans l'intérieur du cylindre. On a ainsi un système d'attache analogue à celui d'une corde enroulée sur un treuil ; le câble n'a donc aucun excès de fatigue à supporter en ces points.

Bobines de résistance.

Les bobines de résistance occupent l'intérieur du cylindre d'attache; elles sont en nombre égal à celui des voies électriques contenues dans le câble. Les bouts du fil de ces bobines sont repairés ainsi que ceux des voies électriques; le tout forme un faisceau qui passe par le trou réservé au-dessus du cylindre.

Boîte de raccord.

La boîte de raccord sert à établir les communications de la ligne principale avec les bobines de résistance et les voies des lignes de bifurcation. Cette boîte est placée sur le cylindre de raccordement; elle se compose d'un prisme en bois s'ouvrant en deux parties, et traversé par une suite de lames de cuivre isolées les unes des autres, et terminées à leurs deux extrémités par des vis de pression dans lesquelles on engage les fils électriques.

Tous les vides laissés dans la boîte de raccord par les pièces qu'elle renferme sont remplis d'un mastic isolant, de manière à ce que les infiltrations n'aient pas d'action sur les fils électriques.

Telle est la station sous-marine; nous l'avons décrite dans tous

ses détails parce que l'idée en est neuve, et qu'elle peut être appelée à résoudre, dans beaucoup de cas, l'important problème du fractionnement des circuits. Insistons aussi sur ce point, que les causes de rupture les plus à craindre sont dues aux communications terrestres, où les fils sont accessibles, et à l'abord des côtes, où le câble se trouve soumis, à cause du peu de profondeur, à l'action de très fortes lames; il est donc à désirer que de tels accidents n'aient qu'une importance secondaire pour tout le circuit sous-marin.

CHAPELETS D'AMARRAGE.

M. Balestrini a voulu protéger son câble d'une manière toute spéciale sur les bas-fonds de galets ou de roches.

L'appareil qu'il emploie est un véritable chapelet, dont les grains en fonte sont reliés entre eux par trois ou quatre tiges en fer noyées dans le métal, et dont les bouts, recourbés en maillons, s'enchaînent les uns dans les autres. Le câble devient le fil de ce chapelet, dont les deux extrémités sont solidement ancrées sur le fond. L'effet de frottement, et par conséquent d'usure, produit par l'action des lames, se fera ainsi spécialement sentir sur ce protecteur, et, comme c'est surtout près des côtes que l'on aura besoin de cet engin, il sera toujours possible de le visiter et de l'entretenir.

Tels sont, en résumé, les moyens que propose M. Balestrini pour l'établissement des circuits sous-marins; l'étude et l'expérience y apporteront sans doute des perfectionnements; mais, tels qu'ils sont, ils nous semblent présenter, sur les systèmes adoptés jusqu'ici, des avantages assez grands pour être pris sérieusement en considération.

Il nous resterait maintenant à parler de la pose des câbles; cette question importante fera l'objet d'une prochaine communication que nous aurons l'honneur de faire à la Société.

RÉSUMÉ DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES
PENDANT L'ANNÉE 1857.

SÉANCE DU 9 JANVIER 1857.

Présidence de M. Charles CALLON.

M. POLONCEAU occupe le fauteuil de la présidence; il présente à la Société le résumé des travaux de l'année écoulée : les discussions et les communications ont été très nombreuses et très variées. Il rappelle la perte que la Société a faite de trois de ses membres, savoir: MM. Lorentz, Schrœder et Crosnier.

M. Lorentz, élève de l'Ecole centrale, a fait ses premiers travaux sous la direction de MM. Flachat et Petiet; il a ensuite été chargé des études de l'entrée du chemin de fer d'Alsace dans Bâle, et ensuite de la construction du pont de Suresnes avec M. Petiet.

S'étant occupé de l'établissement des usines à filer le lin chez M. Kœchlin, on lui doit le *Manuel-Roret du filateur de lin.*

Il a ensuite été attaché à la collaboration de l'ouvrage important de MM. Flachat, Petiet et Barrault sur la fabrication du fer, puis aux études du matériel du chemin de Lyon, sous la direction de M. Barrault, en 1848.

Après s'être occupé de diverses autres affaires industrielles, il a pris une part très active à la conduite des travaux du Palais de l'Industrie et du chemin de fer de Saint-Dizier à Gray, avec M. Barrault. Enfin, en dernier lieu, il était secrétaire général des forges de la Sambre.

M. Schrœder, entré à l'Ecole des arts et métiers de Châlons en 1816, en est sorti en 1824 pour entrer dans les ateliers de MM. Risler frères et Dixon, à Arnay. De 1826 à 1827, il a suivi les cours de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne, et est ensuite entré chez MM. Muel frères à Villouxel et Sionne, où il a rendu des services signalés dans l'industrie de la fonte de fer.

Professeur de mathématiques spéciales à l'Ecole de commerce et des arts et métiers de Charonne et dessinateur au Ministère de la guerre en 1832, il entrait en 1833 comme directeur aux forges de Framont, où, pendant neuf années, il a fait faire des progrès réels et a apporté des améliorations notables aux produits de cette usine. C'est lui qui a fait, dans cette forge, les premiers essieux coudés fabriqué en France, essieux qui ont toujours été d'une qualité très remarquable, malgré les difficultés que présentait à cette époque la fabrication de ces pièces.

Enfin nous l'avons tous connu à Paris, représentant d'abord de l'atelier

de construction de J. J. Meyer, de Mulhouse, depuis 1845, et ensuite des usines de Graffenstaden.

D'un caractère loyal et conciliant, d'une humeur toujours égale, et d'une affabilité qui ne se démentait jamais, malgré les souffrances dont il était tourmenté, il est mort à Paris, en juin 1856, ayant eu beaucoup d'amis sincères et dévoués et jamais d'ennemis.

M. Léon Crosnier, après avoir fait des études très complètes et très brillantes au lycée Henri IV, a été *déclaré admissible à l'Ecole polytechnique en* 1838, *ce qui lui a permis d'entrer de suite et sans examen comme élève externe à l'Ecole des mines de Paris. Il en est sorti en* 1840 *avec un diplôme d'ingénieur.*

De 1841 à 1843, il a été chargé par une Compagnie de foncer des puits de recherche pour la houille dans les îles de la Loire, à Chalonnes près Mont-Jean. La Compagnie qui l'avait chargé de ces travaux n'ayant pas obtenu la concession, il revint à Paris, où M. Dufrenoy, directeur de l'Ecole des mines, le désigna au choix du gouvernement chilien, qui cherchait alors en France des professeurs pour l'Institut de San-Iago. C'est comme professeur de chimie qu'il partit en 1843. Il a occupé pendant cinq ans ces fonctions, d'autant plus difficiles qu'il devait professer en espagnol. Il trouva néanmoins le moyen d'utiliser ses loisirs en se livrant à l'étude géologique de provinces encore inconnues. Ses observations sont consignées dans un mémoire qui a été publié dans les *Annales des mines*, et dont il a donné un exemplaire à notre Société. Il a aussi publié en espagnol un cours de chimie à l'Institut de San-Iago.

En 1848, il fit un voyage en Californie, où il étudia la géologie des montagnes de ce pays. Mais ses nombreuses observations, consignées dans des papiers de famille, n'ont pu être encore publiées.

A la fin de 1848, il fut chargé par le gouvernement péruvien de faire des recherches de gisements aurifères et argentifères dans la province de Copiapo.

C'est alors que, retrouvant partout la trace des anciennes exploitations espagnoles, il eut l'idée de faire reprendre des travaux depuis longtemps abandonnés et conduits si mal que, sans envisager l'avenir, on avait épuisé l'affleurement des filons et caché à tous les yeux les richesses que le sol renferme encore.

Sa sagacité lui fit bientôt retrouver ces filons, et il revint en France en rapportant une collection très curieuse et très riche d'échantillons. Il y monta bientôt une puissante compagnie pour l'exploitation régulière de la galène argentifère, et c'est en retournant au Pérou qu'il y fut enlevé, à Lima, par la fièvre jaune, au moment où il allait obtenir les résultats certains que sa grande expérience promettait.

Sa mort est une perte pour notre Société, pour la science, et surtout pour la France, dont, hardi pionnier, il était allé planter le drapeau industriel sur ces montagnes du Nouveau-Monde, que délaissait l'indolence des Espagnols, et que n'osaient encore attaquer ni l'activité entreprenante des Américains, ni la richesse intelligente des Anglais.

Après cet hommage rendu à la mémoire de nos trois collègues, M. Polon-

ceau annonce que la publication des comptes rendus est sur le point d'être remise au courant. Il rappelle ensuite qu'une somme de 2,180 fr., résultant d'une souscription volontaire faite au sein de la Société en faveur des inondés, a été versée par le trésorier entre les mains de M. le préfet de la Seine.

Après ce compte rendu de l'année, M. Polonceau appelle au fauteuil le président nommé pour l'année 1857, M. Ch. Callon, vice-président depuis l'origine de la Société, dont le nom se lie aux meilleurs souvenirs de l'École centrale, et dont les travaux hydrauliques, à l'étranger comme en France, lui ont acquis une haute réputation. M. Polonceau quitte sa présidence, heureux d'avoir pu consacrer à la Société tout le dévouement dont il a été capable; il en remet la direction avec confiance à M. Callon, assuré qu'elle lui devra une nouvelle impulsion, et il termine en remerciant le bureau, le comité, les auteurs de travaux présentés et les sociétaires assidus aux séances, du concours affectueux et cordial qu'ils lui ont prêté dans son exercice.

M. Callon prend place au fauteuil de la présidence.

Personne ne l'accusera, dit-il, de fausse modestie lorsqu'il répétera que l'honneur insigne qu'on lui fait en l'appelant au fauteuil de la présidence, après les six ingénieurs éminents qui l'ont précédemment occupé, serait pour lui un fardeau trop au-dessus de ses forces s'il n'avait la conscience de devoir cet honneur à l'extrême bienveillance dont il a reçu tant de preuves depuis neuf années.

Ce qui contribue aussi à le rassurer, c'est que la Société est définitivement sortie de cette période d'accroissement lent et laborieux, pendant laquelle elle a eu à traverser des jours difficiles qui ne se présenteront sans doute plus. Les bases sur lesquelles elle est assise sont inébranlables, et il ne s'agit plus, désormais, que de continuer l'œuvre qui nous est en quelque sorte léguée.

Pour cela, il compte sur le zèle et le dévouement de tous, et particulièrement sur celui des plus jeunes, lesquels hésitent trop, parfois, à entretenir la Société de leurs travaux et à aborder les discussions qui, pour être quelquefois ardues, n'en sont pas moins cordiales, simples et dénuées de toute solennité académique. — L'amélioration des publications, toujours un peu restreintes, sera le résultat du concours de tous; et cette amélioration, à son tour, en provoquant de nouvelles admissions, donnera les ressources financières nécessaires pour réaliser des améliorations nouvelles.

Cette année, grâce à trois bulletins actuellement sous presse, l'arriéré des publications trimestrielles pourrait être comblé en partie sans qu'il soit nécessaire de changer le chiffre réglementaire des cotisations annuelles, mais à la seule condition que leur rentrée se fasse avec le plus de régularité possible.

Tout en remerciant son honorable prédécesseur des paroles trop flatteuses qu'il vient de prononcer, M. Callon dit qu'il n'entreprendra pas de retracer ici la série des travaux remarquables à l'aide desquels M. Polonceau a si dignement soutenu l'honneur du nom qu'il porte et prouvé une fois de plus la vérité de ce vieil adage : « Noblesse oblige. »

M. Mony, l'un des derniers présidents, s'est acquitté de cette tâche et a

précisé la nature des services éminents que M. Polonceau a rendus à la grande industrie des chemins de fer. M. Callon veut les considérer ici à un autre point de vue, non moins digne, selon lui, de l'attention de la Société.

Il a toujours pensé que, dans le temps où nous vivons, le rôle des ingénieurs civils ne devait pas se borner à faire avancer la science et l'art proprement dits, mais qu'intermédiaires naturels, éclairés, désintéressés, entre le capital et le travail, il était de leur devoir de pousser à l'étude et à l'expérimentation, dans ce qu'elles ont de raisonnable et de pratique, de toutes les mesures propres à assurer l'amélioration graduelle du sort des ouvriers, et à confondre ainsi les intérêts et les aspirations des classes inférieures de la société avec les aspirations et les intérêts du corps social tout entier.

A ce point de vue comme à tous les autres, M. Polonceau a dignement compris et rempli sa mission. Caisses de secours, soins médicaux gratuits, magasins d'approvisionnements aux prix de revient; en un mot, toutes les institutions capables d'atténuer les maux dus aux chômages forcés et à la cherté toujours croissante des objets de consommation, il les a toutes étudiées, organisées au profit des employés et ouvriers placés sous ses ordres. Le succès d'abord, puis la reconnaissance éclatante de familles nombreuses, ont répondu à ses efforts et attesté une fois de plus quelle réalisation facile attend les conceptions même les plus avancées, quand leur exécution est confiée à des cœurs droits et à des mains habiles. Il termine en proposant de voter des remerciements au président, au bureau et au comité sortants.

Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu les publications suivantes :

1° De la Société des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers, la collection complète de son *Annuaire* de 1848 à 1856;

2° De la Société de l'industrie minérale, un exemplaire de son Bulletin de juillet, août et septembre 1856;

3° De M. Boutigny, d'Evreux, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage : *Étude sur les corps à l'état sphéroïdal;*

4° De la Société industrielle de Mulhouse, son Bulletin n° 136;

5° De M. de Lesseps (Ferdinand), un exemplaire du Rapport et projet de la Commission internationale : percement de l'isthme de Suez, avec atlas;

6° De M. Pinet fils, d'Abilly, un exemplaire d'un Rapport des experts sur son manége;

7° De la Société d'encouragement, son Bulletin de novembre 1856;

8° De M. Colladon, un exemplaire de son Rapport sur les expériences faites en 1856 sur la machine du système Pascal;

9° De la *Revue d'architecture*, un exemplaire de sa dernière livraison;

10° Le numéro de décembre 1856 *Annales de la construction;*

11° De MM. Piquet et Barrault, membres de la Société, un Mémoire sur l'étude de quelques procédés métallurgiques;

12° De la Société des ingénieurs civils de Londres, le résumé des séances des 9 et 16 décembre;

13° De M. Lefrançois, membre de la Société, une Note sur la manière de déterminer la longueur de la courbe de l'ellipse.

A ce sujet, M. le Président appelle l'attention des sociétaires sur l'utilité qu'aurait un compte rendu analytique de toutes les publications périodiques ou autres qui sont envoyées à la bibliothèque, et qui contiennent souvent des travaux du plus haut intérêt. Cette tâche étant trop lourde pour le bureau seul, il fait appel à la bonne volonté des membres pour la réalisation de cette pensée, que le comité a déjà approuvée.

Cette proposition étant appuyée par tous les membres présents, plusieurs des publications adressées récemment à la Société sont de suite renvoyées à l'examen de divers membres qui offrent leur concours, savoir :

A M. Flachat, le nouveau Mémoire de M. de Lesseps sur le canal de Suez ;

A M. Petiet, la Note de M. Colladon sur la nouvelle machine à vapeur et à air chaud combinés de M. Pascal ;

A M. Trélat, la dernière livraison de la *Revue d'architecture*, de M. César Daly ;

A M. Faure, deux bulletins de la Société des ingénieurs civils anglais.

M. PÉPIN-LEHALLEUR annonce aussi qu'il se chargera de rendre compte des travaux relatifs à la mécanique agricole que la Société pourra recevoir.

L'ordre du jour appelle ensuite une communication de M. Faure.

M. FAURE lit une note de M. Hervé-Mangon sur un procédé qui a pour objet de désinfecter les eaux d'égout et d'en extraire les principes fertilisants, en les amenant à l'état de briquettes.

Dans la pensée que cette communication devait intéresser vivement la Société des ingénieurs civils, M. Faure a demandé à l'auteur de la note qui va être lue une autorisation expresse, qui lui a été donnée gracieusement.

L'auteur rend compte, *de visu*, d'une heureuse application chimique, fécondée par une installation mécanique toute spéciale, ingénieusement conçue et grandiosement réalisée par l'un des ingénieurs éminents de l'Angleterre, M. Wicksteed. M. Mangon, qui a su conquérir une belle place entre ceux qui se livrent à l'étude des hautes questions d'économie agricole, à la pratique des procédés qui s'y rapportent, a fait comprendre avec une lucidité parfaite, dans son ensemble et dans ses détails essentiels, une grande opération chimique et mécanique à la fois, appliquée avec un succès complet, depuis dix-huit mois déjà, dans une ville de 60,000 âmes ; il signale les résultats acquis ; il fait connaître quelques recherches déjà faites par lui, et qui l'ont conduit à cette conclusion, que les procédés de M. Wicksteed peuvent être heureusement appliqués en France, à Paris notamment,

Il signale d'abord les inconvénients dus à l'écoulement dans les rivières du produit des égouts des grandes villes ; rappelant ensuite quelques essais célèbres qui ont été faits pour appliquer les eaux d'égout à l'arrosage des terres cultivées, il fait remarquer que les dispositions locales et la configuration du sol doivent rendre souvent cette belle pratique difficilement applicable, dans des conditions suffisamment rémunératrices. Il est ainsi conduit à poser le problème dans les termes suivants :

« Pour utiliser les matières fertilisantes des égouts, on ne peut, en gé-

« néral, les répandre directement sur le sol. On ne saurait davantage son-« ger à les concentrer ou à les filtrer. C'est donc par un procédé de *précipi-« tation* qu'il faut les exploiter pour en extraire économiquement et sous « un faible volume les parties utiles. »

Clarifier économiquement les eaux d'égouts, les désinfecter, et condenser sous un petit volume les principes fertilisants qu'elles renferment, telle est, dans ses phases successives, la solution trouvée par M. Wicksteed.

Appliquée d'abord, à titre d'essai expérimental, dans un atelier où l'on traitait le produit des égouts d'une population de 5,000 âmes, cette solution a été ensuite organisée et installée dans un établissement permanent et spécial, qui traite les eaux d'égouts de la ville de Leicester, habitée par 65,000 individus.

De 5,000,000 mètres cubes de matières liquides traitées annuellement, on extrait 4,500,000 kil. de matières fertilisantes à l'état solide.

Placé sur la rivière Soar, à une petite distance au-dessous de la ville, l'établissement consacré à ce vaste service frappe l'œil par une propreté rigoureuse, sans affecter l'odorat, et les agents mécaniques y fonctionnent avec une précision incroyable.

Les eaux sont amenées par une conduite souterraine dans un puits vaste et de profondeur appropriée aux nécessités d'écoulement de la conduite qui l'alimente.

Une machine de 20 chevaux fait mouvoir une pompe qui élève les eaux du puits au niveau du sol de l'usine. Une deuxième pompe, de diamètre moindre et commandée par le même moteur, communique avec une citerne munie d'un agitateur et constamment remplie d'un lait de chaux.

A chaque coup de piston de la machine motrice (système de Cornwall), la petite pompe introduit dans le tuyau d'écoulement des eaux élevées par la maîtresse-pompe une quantité de lait de chaux en proportion convenable et réglée d'ailleurs à l'aide de robinets.

Une caisse étroite et longue, munie d'agitateurs à palettes et à axe vertical, reçoit le mélange et l'amène à l'état d'intimité voulue pour que la réaction chimique puisse avoir lieu. Le liquide, ainsi mélangé, s'écoule, à travers des ouvertures horizontales, dans un réservoir en ciment de 60 mètres de longueur sur $13^{m}.50$ de largeur et $1^{m}.50$ de profondeur, partagé en deux parties au moyen de châssis verticaux en toiles métalliques placés à 18 mètres, et mobiles d'ailleurs.

Ces toiles, dont la maille est un carré de $0.^{m}001$ de côté environ, retiennent les corps flottants, les détritus organiques, en même temps qu'elles régularisent le mouvement du liquide amené dans le réservoir. De petites vannes établies à l'aval de ce dernier laissent écouler en rivière, sous forme de lames minces et horizontales, le liquide purifié, clair, inodore et sans saveur.

Une voûte plate, formant plancher, recouvre le réservoir sur la partie comprise entre les toiles et le mur d'aval. Dans le premier tiers, compris entre les agitateurs et les cadres de toile métallique, le fond du réservoir présente deux pentes dont le thalweg est occupé par une rigole demi-

cylindrique; dans la partie d'aval, ce fond se relève par une contre-pente légère.

Le liquide se mouvant dans ce réservoir avec une vitesse de 0,008 par seconde, le dépôt floconneux dû à la chaux additionnée se précipite comme dans une eau tranquille, et s'effectue, pour les sept huitièmes environ, dans le compartiment d'amont; le dernier huitième, comprenant les matières les plus légères, se décompose dans le second, que l'eau parcourt en deux heures environ.

Une vis d'Archimède, qui fonctionne dans la rigole médiale, ramène le dépôt boueux dans un puisard situé en amont des agitateurs, et communiquant par un aqueduc avec la rigole dans laquelle se meut la vis.

Une toiture en tôle ondulée recouvre deux réservoirs identiquement disposés, l'un d'eux seulement fonctionnant, tandis que l'autre est en réparations.

Reprise dans le puisard par une chaîne à godets, la boue liquide est élevée dans un petit réservoir placé à quelques mètres au-dessus du sol, et conduite au moyen de tuyaux dans des essoreuses à force centrifuge qui l'amènent à l'état de pâte ayant la consistance de la terre à briques.

L'usine de Leicester emploie douze toupies en action constante, faisant mille tours par minute, et dont la toile métallique porte vingt à vingt-quatre fils par centimètre. Chacune d'elles, chargée de 160 kilog. de matière, amène celle-ci à l'état de consistance voulue en un quart d'heure, en lui enlevant deux tiers environ de son poids en eau. La matière essorée est ensuite moulée à l'état de briquettes.

Les agitateurs, la vis sans fin et la noria sont commandés par une machine de six à sept chevaux; chaque essoreuse est mue par une petite machine spéciale à cylindre oscillant dans un plan horizontal, dont le volant également horizontal sert de poulie motrice. Un générateur unique alimente tous les moteurs. Le service complet de l'usine est fait par douze ouvriers ou manœuvres. L'usine de Leicester a coûté 625,000 fr.

M. Mangon fait connaître quelques détails statistiques recueillis par le conseil d'hygiène de la ville de Leicester, qui mettent en évidence les très heureux résultats sanitaires dus au système d'égouts et à l'établissement que l'on vient de décrire.

L'analyse des eaux d'égouts de cette ville a accusé par litre :

Matières dissoutes	1g,4014	
— solides en suspension	1 ,9977	3g,3991

Traité par la chaux, ce liquide a donné, déduction faite du réactif employé :

Précipité pesant	3g,2704	
A déduire : matière en suspension	1 ,9977	1 ,2727

Poids des produits solubles contenus dans un litre d'eau clarifiée . . . . . 0 ,1287

On a employé dans les expériences 0g,3575 de chaux par litre de liquide.

Ces renseignements ne disent rien sur la teneur en azote des matières employées ou obtenues; ils ne permettent pas d'affirmer que le succès serait partout aussi complet.

M. Mangon a donc cru devoir faire quelques essais sommaires, et il a donné les résultats de l'analyse faite au laboratoire de l'école des ponts et chaussées d'une briquette rapportée de Leicester.

Considéré comme engrais au point de vue de l'azote qu'il contient, 1,000 kilog. du produit examiné équivalent à 2,750 kilog. de fumier de ferme frais dosant 4 0/0 d'azote, ou bien à 73k,3 de guano dosant 15 0/0 d'azote. En évaluant le guano à 30 fr. les 100 kilog., les briques de Leicester vaudraient environ 22 fr. la tonne. Cet engrais agirait à la façon de la marne la plus active.

L'eau de l'égout de la rue de Rivoli, évaporée, a accusé par litre :

Matières dissoutes.	1g,242	
— solides en suspension.	0 ,484	1g,726
L'ammoniaque libre a été dosé et trouvé égal à.		0 ,0475
L'azote du produit solide obtenu par l'évaporation étant égal à 1,1166 0/0 de ce produit,		
L'eau de cet égout contient donc :		
Azote de l'ammoniaque libre.	0g,03892	
Azote du produit solide.	0 ,01927	0g,05819

La précipitation au moyen de la chaux a été opérée dans cette eau de la manière la plus rapide et la plus satisfaisante. L'aspect était le même que celui des liquides de Leicester traités par 0g,4 et 0g,5 de chaux pure pour chaque litre de liquide.

Dans l'eau de l'égout de la rue de Rivoli, la chaux a déterminé la précipitation rapide de 0g,748 par litre de matières solides, soit du quart environ des matières dissoutes. Après la précipitation, l'eau était limpide, incolore et inodore. L'évaporation a constaté 0g,00818586 d'azote par litre de liquide clarifié.

Donnant l'analyse du précipité obtenu, M. Mangon fait voir qu'il contient 0g,1824 d'azote par litre d'eau clarifiée.

Il obtient enfin le dosage suivant de l'azote contenu dans un litre d'eau d'égout après sa clarification par la chaux :

Azote des matières solides restées en dissolution. . .	0g,0082	
Azote de l'ammoniaque libre dans le liquide clarifié.	0 ,0306	
Azote du précipité produit par la chaux.	0 ,0182	0g,057

La chaux précipite donc près de 30 0/0 de l'azote contenu dans les eaux d'égout; mais elle ne paraît pas agir sensiblement sur l'ammoniaque libre qu'elles renferment.

M. Mangon pense que le procédé Wicksteed serait très amélioré sous ce rapport par une addition de phosphate acide de chaux et de chaux magnésienne.

Il signale l'intérêt qui s'attache à ce que la ville de Paris fasse venir et étudier quelques mètres cubes de l'engrais de Leicester. Les essais anglais semblent indiquer que cette matière constitue un engrais puissant, à action lente, mais durable. Il pense en outre que cette matière pourrait servir à l'établissement de nitrières actives économiques.

Le prix de fabrication de l'engrais dont il s'agit dépend de la disposition des lieux, de la hauteur à laquelle les eaux doivent être amenées ; mais il ne saurait être élevé.

Enfin, et après avoir remarqué que le procédé Wicksteed se concilierait facilement avec les projets actuels du nouveau système d'égouts de Paris, il termine en disant que les égouts de Paris entraînent et perdent chaque année une quantité de matières fertilisantes contenant 1,204,500 kilog. d'azote.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Faure d'avoir pensé à faire à la Société cette communication des plus intéressantes, et le charge de remercier M. Mangon, qui l'a autorisée.

M. VUIGNER a la parole pour analyser un mémoire qu'il a remis à la Société des ingénieurs civils, sur les inondations souterraines qui se manifestent, en certaines circonstances déterminées, dans les quartiers nord de Paris.

On sait qu'en 1856 les caves de ces quartiers ont été inondées dès le mois de juin, et que cette inondation s'est prolongée pendant plusieurs mois. M. Vuigner rappelle qu'il a déjà entretenu la Société des ingénieurs civils de cette question en 1852, et qu'il a indiqué alors que des inondations de cette nature avaient eu lieu déjà en 1740, 1788, 1802, 1817 et 1818, 1826, 1828, 1830, 1832, 1837 et 1838, 1845 et 1846.

En tenant compte de l'inondation de 1856, il y a donc eu onze inondations souterraines dans l'espace de 116 ans.

Ces inondations ont été attribuées d'abord à des infiltrations dans la maçonnerie des égouts, ensuite au bassin de Chaillot, et plus tard aux déperditions du bassin de la Villette et du canal Saint-Martin.

M. Vuigner explique que les eaux d'inondations sont toujours plus élevées que les eaux dans les égouts ; qu'en admettant des infiltrations dans les maçonneries du bassin de Chaillot, les produits de ces infiltrations seraient versés immédiatement dans la Seine et ne remonteraient pas dans le quartier du Temple et du Marais, et qu'en conséquence, des pertes dans les égouts ou dans le bassin de Chaillot ne peuvent pas produire des inondations souterraines. En ce qui concerne le bassin de la Villette et le canal Saint-Martin, il fait observer que des inondations souterraines ont eu lieu avant leur mise en eau, et qu'on ne peut raisonnablement leur attribuer ces inondations, puisque ce serait attribuer des effets momentanés, et qui ne se reproduisent qu'à de longs intervalles, à une cause permanente ; que la meilleure preuve qu'on puisse donner à l'appui de cette assertion, c'est qu'il s'est passé dix ans entre les inondations de 1846 et celles de 1856, que dans ce laps de temps il n'a été apporté aucun changement au régime des eaux de ces canaux.

M. Vuigner pense que les inondations souterraines ne peuvent avoir pour

cause réelle que des amoncellements d'eau produits par des pluies persistantes ou très abondantes, et dont les produits s'écoulent sur les versants des collines de Charonne, de Ménilmontant, de Belleville, de Montmartre et du Roule.

Il explique qu'en effet, les inondations souterraines dans les quartiers nord de Paris ont toujours été précédées d'inondations souterraines semblables sur les plateaux supérieurs, et notamment sur le plateau qui domine la vallée de la Marne au nord, à Montfermeil, Belleville et Ménilmontant.

Les eaux de surface ne s'infiltrent pas au travers du banc d'argile d'une grande puissance qui recouvre les masses de gypse formant ces plateaux; elles s'amassent, débordent sur le sol et finissent par descendre sur les versants des collines pour se rendre à la Seine, leur réceptacle naturel.

Avant 1740, ces eaux se réunissaient, comme toutes les eaux de surface, dans un fossé creusé de plusieurs mètres en dessous du sol, connu alors sous le nom de grand égout découvert, qui partait des environs de la rue actuelle des Fossés-du-Temple, suivait à peu près l'emplacement des rues Neuve-Saint-Nicolas, Neuve-Saint-Jean, des Petites-Ecuries, Richer, de Provence, Saint-Nicolas, et venait se jeter dans la Seine sous le quai de Billy, à Chaillot. Elles s'écoulaient ainsi rapidement, sans pouvoir causer d'autres dégâts que ceux produits à de rares intervalles par des débordements de courte durée.

Il n'en fut plus ainsi lorsque après les premiers mois de 1740 on eut substitué à ce fossé découvert un aqueduc voûté, élevé de plusieurs mètres au-dessus du sol naturel. Les eaux souterraines et de surface viennent s'amasser contre les parois en maçonnerie de cet aqueduc; elles sont encore retenues par les rues formant batardeaux qu'on a successivement établies dans les quartiers des anciens marais longeant le ruisseau de Ménilmontant, et par les remblais qu'on y a faits pour en exhausser le sol. Elles ne peuvent plus ainsi s'écouler dans la Seine que beaucoup plus lentement, et, dans certaines conditions atmosphériques déterminées, elles occasionnent un exhaussement de nappes souterraines assez considérables pour inonder toutes les caves des quartiers nord creusées au-dessous du sol naturel, et qui forment ainsi des solutions de continuité sur son passage.

Tous ces phénomènes, ajoute M. Vuigner, n'ont pas été constatés par lui seul; MM. Bonami, Peyronnet, Girard, Mary et autres ingénieurs les ont aussi reconnus à diverses époques. M. Héricart de Thury même a constaté que, pour faire cesser les inondations de 1818, il avait suffi de faire des percements dans les murs du grand égout.

M. Girard avait dit en 1818 que, d'après ce qui s'était passé précédemment, il était probable que, toutes les fois que la hauteur d'eau tombée à Paris dans l'espace de deux années consécutives se serait élevée au-dessus de $1^{m},20$, et qu'il y aurait eu dans le même intervalle de temps plus de trois cent vingt jours de pluie, les quartiers nord de Paris seraient exposés pour l'année suivante à une inondation souterraine qui se manifesterait quelquefois dans le courant de la seconde année pluviale.

L'expérience des faits est venue pleinement justifier cette prévision; c'est

après des circonstances atmosphériques de cette nature qu'ont eu lieu, depuis 1818 comme avant, les inondations souterraines qu'on a eu à déplorer, et qui ont toujours été précédées par des inondations souterraines sur les plateaux.

Les circonstances n'ont pas été complétement les mêmes dans les années 1854 et 1855; mais les pluies diluviennes du mois de mai 1856, qui ont occasionné tant de désastres en France comme dans les pays voisins, ont été tellement abondantes qu'elles ont produit un amoncellement d'eaux aussi considérable que des pluies persistantes, puisqu'il en est résulté une inondation souterraine sur les plateaux et qu'elles ont dû nécessairement produire les mêmes effets dans les quartiers nord de Paris.

M. Vuigner fait observer en outre que l'exhaussement de 1m.50 de la nappe d'eau souterraine qui a eu lieu dans le mois de juin dans les quartiers nord de Paris a eu lieu aussi sur la rive gauche de la Seine, et que, si les caves de ces quartiers n'ont pas été inondées, c'est que la nappe souterraine se tient beaucoup plus bas à l'étiage dans ces quartiers que dans les quartiers nord par rapport au sol des caves.

Arrivant au moyen de se mettre à l'abri de ces inondations, M. Vuigner indique qu'il faut envelopper les caves d'une chemise en béton hydraulique, comme le conseille la commission de 1837, ou établir des drainages suffisants pour mettre les caves en communication avec les égouts, au moyen de pierrées et de barbacanes pratiquées dans les murs des égouts.

Un Membre objecte que, si les barbacanes établissant une communication entre les égouts et les caves servent à les délivrer des eaux d'inondation, elles peuvent y faire déverser, au contraire, les eaux qui emplissent les égouts en temps d'orage.

M. Vuigner répond que cet inconvénient n'existerait pas si on garnissait les barbacanes de clapets qui se fermeraient naturellement lorsque les eaux des égouts seraient plus élevées que les eaux d'inondation, et qui s'ouvriraient dans le cas contraire. Il ajoute que des drainages de cette nature ont été faits déjà pour mettre les caves des diverses maisons construites dans les anciens marais avec des égouts secondaires, et que ces caves ont été garanties.

M. Degousée partage l'opinion de M. Vuigner sur les causes des inondations souterraines des quartiers nord de Paris et sur les moyens de les prévenir, et il mentionne une des causes de l'exhaussement de la nappe d'eau souterraine dont n'a pas parlé M. Vuigner. C'est la construction des murs de quai en mortier de chaux hydraulique, descendus jusqu'au sol imperméable, qui forment un barrage tout le long des berges de la Seine, et empêchent les eaux de se rendre à leur réceptacle naturel.

SÉANCE DU 23 JANVIER 1857.

Présidence de M. FAURE, *vice-président.*

M. LE PRÉSIDENT donne communication d'une lettre de M. le général Poncelet, remerciant la Société de l'avoir nommé membre honoraire, et lui promettant, sinon l'assiduité de sa présence, à cause de sa santé, du moins tout son intérêt et son dévouement.

M. le Président ajoute que la Société des ingénieurs civils a dû tenir d'autant plus à compter le savant général parmi ses membres que ses ouvrages furent longtemps la source presque unique où les plus anciens d'entre nous ont pu puiser des notions exactes sur la mécanique industrielle.

M. FAURE rend compte à la Société des deux bulletins de la Société des ingénieurs civils anglais qui ont été renvoyés à son examen. L'un d'eux contient un mémoire de M. Bell, lu à la Société de Londres, le 9 décembre 1856, sur les lois de la résistance du fer et de la fonte. Le bureau examinera s'il peut être utile ou intéressant de faire imprimer cette analyse.

L'autre bulletin contient une analyse du rapport annuel fait à l'assemblée générale du 16 décembre 1856. M. Faure résume ainsi qu'il suit ce document :

Dans l'année écoulée, bien que la paix ait été faite, la crise monétaire venant à la suite des frais de la guerre a retardé la reprise des travaux publics et privés.

Constatons cependant l'heureuse ouverture et l'extension de l'East Indian Railway, entrepris sous la direction de feu M. Rendel. A ce sujet, M. Macdonald-Stephonson a été fait chevalier; le premier il a étudié et conduit l'exécution des premières parties du vaste réseau destiné à produire une véritable et heureuse révolution dans l'empire indien. — Même distinction au docteur O'Shaughnessy, qui a étudié et construit un système de télégraphe électrique ayant un développement de 7, 436 kilomètres à travers les jongles les plus fourrés, ou sur les vastes plaines, les rivières et les montagnes de l'Inde.

Le railway péninsulaire indien, construit par M. James Berkley sous la direction de M. R. Stephenson, a maintenant près de 160 kilomètres en activité, et le grand travail de son prolongement sur Sholapoor est très avancé, tandis que l'exécution de la ligne du Nord-Est vers Nagpore et Jubbulpore, vers les *Berar Cot-on-Fields*, va être bientôt commencé.

Les railways de Madras, Bombay, Baroda et du Scind ont été vigoureusement poursuivis; d'autres lignes sont projetées, entre lesquelles la ligne

partant de Séleucia sur la Méditerranée pour aller joindre Jabr-Castle sur l'Euphrate, fleuve sur lequel la navigation au moyen de navires à vapeur à faible tirant d'eau a été proposée. Cet important projet a été confié à M. Mac-Neill.

Depuis que le royaume d'Oude a été annexé aux possessions anglaises, on a pris des arrangements pour faire participer ce pays au bénéfice du système de lignes ferrées. On commencera par la construction d'une ligne de 80 kilomètres de longueur entre Cawnpore et Lucnow, avec des embranchements sur les plus importants districts et en les reliant avec le chemin oriental indien.

D'autres lignes sont proposées encore pour Gorruckpore, Tirhoot et Purneah, toutes combinées pour compléter les communications intérieures de l'Inde.

La poursuite des travaux des chemins de fer de Fernambouc, dont l'exécution a coûté la vie à M. Borthwick, a été confiée à M. Peniston, et les progrès de cette entreprise sont très satisfaisants.

Le railway de Don Pédro II, partant de Rio-Janeiro, franchissant le fleuve Serra dans la vallée de Parahiba et traversant les districts principaux de la culture du café, aura 322 kilomètres de longueur. La première section, qui comprend 64 kilomètres, commencée en 1855, sera complétée vers le milieu de l'année prochaine.

Son tracé traverse une épaisse forêt vierge, et en plusieurs points des flaques d'eau de 5 à 6 pieds (1m,60 à 1m,80) de profondeur. Le travail des terrassements a présenté des difficultés énormes, obligé qu'on était de le faire avec des esclaves et des outils non spéciaux, non appropriés. Peu à peu, cependant, les méthodes européennes ont été introduites par l'entrepreneur, M. Price, et sous la direction de M. Lane, ingénieur en chef au département de l'intérieur du gouvernement brésilien. Ce chemin promet de devenir une belle entreprise.

M. Ch. Neate a été aussi engagé par le gouvernement brésilien pour construire à Rio-Janeiro d'importants travaux hydrauliques. Ce sont des murs de quai, avec môles et jetées, sur le rivage de la mer. Ils doivent être construits en granit et mortier hydraulique. La chaux est expédiée d'Angleterre.

Au Canada, le chemin de fer entrepris par MM. Peto, Brassey, Betts et Jackson, peut être regardé comme achevé, à l'exception du trait d'union formé par le pont tubulaire Victoria, jeté sur le fleuve Saint-Laurent, et qui est maintenant assez avancé.

Sur le continent on a étendu progressivement les lignes principales. Le réseau lombardo-vénitien est passé dans les mains d'une compagnie puissante qui se prépare à en poursuivre l'exécution avec une grande énergie. La ligne Victor-Emmanuel, sous la direction de M. Bartlett, attaché à l'entrepreneur M. Brassey, s'approche de la chaîne des Alpes. Les préparatifs pour la traverser sont faits, et l'on a essayé sur une grande échelle les appareils destinés à ouvrir les tunnels.

La portion de cette ligne partant d'Aix-les-Bains, traversant Chambéry

et atteignant Saint-Jean-de-Maurienne, a été livrée au public sur une longueur de 88 kilomètres en octobre dernier.

Dans le principe, les travaux ont été conduits et développés sur une grande étendue par M. Nieumann, auquel a succédé, l'année dernière, M. Ricceo.

En Turquie, en Russie, de vastes projets de chemin de fer, de navigation à vapeur, ont été agités.

En Egypte, l'énergique Saïd-Pacha a complété le railway qui met Suez en communication avec le Caire, franchissant le Nil par un vaste pont en fer à Kaffre Azzayat. Il a confié à Mougel-Bey la construction des travaux préliminaires au percement de l'isthme de Suez, patronnée par M. F. de Lesseps.

Enfin il a autorisé sur le Nil et le canal Mahmoudied l'établissement d'un système complet de touage à vapeur des navires et des bateaux, maintenant en cours d'exécution.

L'un des plus importants et des plus intéressants projets de la période dont nous faisons l'historique rapide est sans contredit le câble du télégraphe sous-marin qui doit partir de Valencia, sur la côte irlandaise, pour aboutir à Saint-Jean-de-Terre-Neuve, s'étendant sur une longueur de 9,654 kilomètres, longeant le banc ou plateau découvert par le lieutenant Maury, et sur lequel la profondeur d'eau ne doit pas excéder 3,740 mètres.

Au moyen d'une méthode nouvelle pour enfermer les fils conducteurs isolés dans une enveloppe en cordages composée de grelins commis en sens opposé à celui du commettage du câble, ont obtient un câble flexible et léger, qui a été reconnu capable cependant de résister à l'effort nécessaire pour le déposer dans les plus grandes profondeurs, sans que l'on doive craindre une tendance du câble à s'entortiller ou à faire *des coques* avant l'immersion. Cette ingénieuse modification apportée au mode ordinaire d'exécution a été imaginée par M. Brunel, en coopération avec MM. Cyrus Field et W. Brett, les auteurs des projets, aidés des avis du professeur Morse.

L'heureux résultat de ce gigantesque projet pour relier l'ancien monde et le nouveau sera plus efficace que tous les efforts de la diplomatie pour cimenter cette union intime, si désirable au point de vue des véritables intérêts des deux continents.

Les questions vitales de la construction du système d'égouts et d'assainissement de la métropole, de l'édification de rues nouvelles, de ponts nouveaux, demeurent aussi indécises qu'elles l'étaient il y a une année.

Entre les principaux mémoires lus à la Société des ingénieurs civils de Londres dans l'année qui finit, il faut faire une mention spéciale des communications de M. Bidder *sur le calcul mental*. Elles ont eu pour but de démontrer que le système peut être appris aux enfants, et qu'ils peuvent se l'approprier avec moins de peine que l'arithmétique la plus ordinaire.

A la fin de cette séance d'assemblée générale, des remerciements particuliers ont été adressés au secrétaire, M. Ch. Manby.

Sur la proposition de M. Flachat, la Société des ingénieurs civils français s'associe de cœur à ce témoignage par lequel la Société des ingénieurs

civils anglais a exprimé sa reconnaissance pour les gracieux services que M. Charles Manby a rendus pendant les dix-sept années qu'il a été secrétaire de cette association.

La Société française remercie M. Manby pour l'accueil bienveillant et les bons services ou conseils que ceux de ses membres ayant visité l'Angleterre ont reçus de lui ; conseils par lesquels il a toujours facilité les missions qu'ils avaient à remplir, les aidant à recueillir les notions qu'ils allaient chercher en Angleterre sur les progrès continus que font en ce pays les travaux de notre profession.

L'ordre du jour appelle la reprise de la discussion sur la nouvelle locomotive de MM. Petiet et Nozo.

M. Nozo dépose sur le bureau le modèle *au dixième* de cette locomotive. Il explique d'abord les avantages que présente la construction, à peu de frais, d'un semblable modèle, toutes les fois qu'il s'agit de réaliser des dispositions nouvelles où la mécanique *de position* joue toujours un rôle si important.

M. Nozo lit ensuite les deux dernières parties du mémoire qu'il a rédigé sur la locomotive nouvelle : il expose, en premier lieu, les considérations qui se rattachent à l'établissement dynamique, en indiquant que le point de départ doit toujours être le diamètre à donner aux roues motrices.

Ce diamètre, c'est à la pratique seule qu'il faut le demander. En s'appuyant sur le service des machines de la Compagnie du Nord, on eût pu le fixer à *un* mètre, en n'exigeant du mécanisme qu'*une* révolution de *cinq dixièmes* par minute ; on a adopté $1^m,06$, en ne demandant par conséquent qu'*une* révolution de *trente-trois centièmes*.

Il examine à ce propos les avantages et les inconvénients qu'aurait pu amener l'adoption d'un plus grand diamètre ; il ne trouve en faveur de l'agrandissement qu'une plus grande durée des bandages à mettre en balance avec les inconvénients qui seraient résultés d'un accroissement notable du poids de la machine, provenant, d'une part, de l'augmentation du poids des roues et des cylindres ; d'autre part, de l'accroissement de la surface de la grille et de la surface de chauffe.

Pour prouver que tout agrandissement du diamètre des roues motrices, lorsqu'il s'agit de fournir la même vitesse kilométrique, entraîne nécessairement un accroissement du poids de la locomotive, M. Nozo démontre que la production de vapeur, par mètre carré de surface de chauffe, dans deux chaudières identiques, est d'autant plus grande que la vitesse de rotation du mécanisme est elle-même plus considérable. Il faut donc alors, lorsqu'on veut des machines légères, s'appliquer à ne pas donner aux roues motrices un diamètre plus grand que celui qu'autorise l'expérience.

Une fois le diamètre des roues motrices connu, on a calculé les dimensions des cylindres à vapeur, en partant de cette considération qu'il fallait laisser entre les voies et les bielles, arrivées au point le plus bas de leur course, autant de jeu que dans les machines récemment construites.

Quant à la surface de chauffe, elle devait être relativement plus grande que dans les machines où la vitesse de *rotation* est aussi plus considérable.

La formule indiquée par M. Le Chatelier aurait donné 110 *mètres car-*

rés; pour se placer dans de bonnes conditions, on a adopté 125 *mètres*. D'un autre côté, les dernières machines à marchandises de la Compagnie offrent environ 0m,49 carrés par force de cheval, la machine projetée offrira 0m,60 carrés.

M. Nozo conclut de là que la nouvelle locomotive soutiendra sa *vitesse normale* de marche avec tout autant de régularité et sans doute encore avec plus de facilité que les locomotives du chemin du Nord, auxquelles on l'a comparée.

Dans la troisième partie de son mémoire, qui traite de l'établissement mécanique, M. Nozo fait comprendre que le problème se présente sous des formes très complexes, et qu'il faut une grande expérience pour parvenir aux solutions les plus favorables.

Il ne suffit pas en effet, dit-il, d'avoir établi qu'une locomotive portera un générateur offrant tant de mètres carrés de surface de chauffe; qu'elle recevra des cylindres à vapeur de tel ou tel diamètre; qu'elle roulera sur des roues de telle ou telle dimension; il faut encore déterminer :

1° Les relations les plus convenables entre les différentes parties constitutives de la chaudière, surface de grille, section de cheminée, section totale des tubes à air chaud, longueur de ces tubes, réservoir de vapeur, etc.;

2° La position des cylindres, celle des roues, le nombre des essieux à coupler éventuellement;

3° Le système de construction du châssis, sa position par rapport aux roues, la répartition du poids total sur les essieux;

4° Le mode de distribution de la vapeur et d'alimentation de la chaudière;

5° La nature des métaux à employer pour la construction de chaque espèce de pièces.

Toutes ces questions, dit M. Nozo, sont du domaine de la pratique, et l'on sait fort bien qu'en pratique les faits s'imposent plus qu'ils ne se discutent ou ne se démontrent. Lorsque des dispositions nouvelles viennent donc à se produire, il n'y a généralement, jusqu'à la sanction de l'expérience, que le bon sens pratique du novateur qui puisse les faire accepter.

En suivant cet ordre d'idées, il analyse, plutôt qu'il ne les discute, toutes les dispositions nouvelles qui entrent dans l'établissement mécanique du projet. A propos de la chaudière, il entre dans quelques développements sur les sections relatives de la grille et des tubes. Il indique en passant une nouvelle forme de foyer applicable au cas où l'on est obligé de placer la boîte à feu en porte-à-faux au delà du dernier essieu, tout en lui donnant une grande longueur. Cette disposition consiste à limiter le foyer à l'arrière par un plan fortement incliné à l'horizon, donnant ainsi à la boîte à feu la forme d'un coin tronqué.

Les générateurs tubulaires que la Compagnie du Nord a fait construire pour ses machines fixes présentent cette disposition, qui a permis d'accroître notablement la section de la grille sans augmenter le poids du foyer, et surtout la force des armatures.

Après avoir dit que le mécanisme ne présente rien de nouveau, M. Nozo passe à l'examen du châssis, dont les particularités appellent davantage l'at-

tention. Il signale particulièrement son extrême rigidité, obtenue par les caisses d'avant et d'arrière, par un système d'entretoises transversales, et surtout par l'entretoisement que produit la caisse à eau.

Il démontre ensuite le petit modèle dans ses parties essentielles, de manière à faire comprendre qu'en trois manœuvres de grues, on met le bâti et le mécanisme complétement à nu, après avoir enlevé successivement la caisse à coke, la chaudière et à la caisse à eau.

Il fait remarquer tout particulièrement combien la liaison de ces diverses parties devient intime après l'assemblage, et combien cependant le démontage et la visite sont chose facile et prompte.

Un MEMBRE déclare que, dès le premier abord, les idées nouvelles et les tendances de cette machine lui ont paru devoir être approuvées. Dans les machines de l'ancien système à trois paires de roues, d'une part, la surface de chauffe peut à peine atteindre le maximum insuffisant de 125 mètres carrés; et d'autre part, on n'a pu faire porter au moteur ses approvisionnements qu'en exagérant la charge des roues d'une manière désastreuse pour la voie comme pour les bandages.

Le système Engerth est venu faire en cela une révolution qui ouvre un nouvel avenir à l'exploitation des voies ferrées. Le chemin de fer du Nord s'est déjà emparé de ce principe dans la construction de locomotives à quatre grandes roues couplées, atteignant en service courant jusqu'à 60 kilomètres à l'heure. Mais le nouveau projet joint à la faible charge des roues du système Engerth tous les mérites inhérents à la machine-tender et la meilleure combinaison d'organes que puisse désirer un ingénieur dans la pratique du service.

Toutefois il croit que la caisse à eau, intercalée entre la chaudière et les longerons, élève trop le centre de gravité de l'appareil. Quoique l'on ne cite guère d'accidents dus à cette surélévation, il déclare qu'elle a toujours néanmoins fait l'objet de ses préoccupations dans les machines.

M. PETIET répond que beaucoup de locomotives existant en France ou à l'étranger ont leur centre de gravité aussi élevé que dans la machine projetée.

Il ajoute que ce qui la caractérise essentiellement est la possibilité de porter ses provisions d'eau, de combustible et d'agrès, sans excéder la charge voulue des roues. Quant au diamètre de celles-ci, quant à la surface de chauffe et à la capacité du cylindre, il s'en réfère à ce que vient d'établir M. Nozo et à ce qu'il a dit lui-même dans la séance du 5 décembre 1856. Répondant toutefois au reproche qu'on lui a fait de ne pas avoir donné assez de surface de chauffe par rapport aux cylindres, il ajoute qu'elle aurait pu être facilement portée à 160 mètres carrés et au delà, mais qu'il en fût résulté un accroissement de poids tel qu'on eût été forcé de mettre sur un tender séparé l'eau, le combustible et les outils, conditions contraires au problème donné.

M. NOZO revient sur l'allégement qu'on s'est appliqué à chercher dans la construction de la chaudière. On est revenu à l'ancien système de Stephenson, à foyer renflé, de préférence au type Crampton, dans lequel le corps cylindrique continue le foyer sans renflement. On a ainsi diminué

l'épaisseur de la lame d'eau entourant inutilement les tubes et le diamètre lui-même du corps cylindrique, dont les tôles ont pu être, par suite, moins épaisses.

Quant aux parties planes, M. Nozo dit que, bien que destinées à supporter huit atmosphères de pression, elles n'auront pas besoin d'avoir plus de 10 millimètres d'épaisseur, les entretoises d'armatures devant être plus rapprochées que de coutume, et affecter, d'ailleurs, la disposition spéciale qui va être signalée ci-après.

De l'ensemble de ces dispositions résulte, suivant M. Nozo, un très grand allégement de la chaudière et surtout du foyer, dont on ne saurait jamais trop réduire le poids quand il est en porte-à-faux. Ce dernier point lui paraît si important qu'il croit devoir rappeler l'attention sur la nouvelle forme de foyer ci-dessus décrite.

Un Membre objecte que la surface de chauffe directe sera ainsi très réduite.

M. Nozo répond que la partie de la surface de chauffe supprimée est loin d'avoir l'efficacité que lui suppose l'objection; que la face inclinée du nouveau foyer obtiendra une puissance vaporisatrice bien capable de compenser la réduction; que ce qu'il faut considérer dans un foyer de locomotive, c'est moins le rapport de la surface directe de ce foyer à celle des tubes que le rapport de celle-ci à la section de la grille, et qu'il espère convaincre plus tard la Société que toutes ces allégations reposent sur des faits pratiques certains.

M. Nozo termine en appelant l'attention de la Société sur la nouvelle installation d'entretoises qui seront adoptées dans la nouvelle locomotive, et sur les vices de l'installation actuelle.

On sait qu'au bout d'un certain temps de service, le cuivre du foyer se bombe entre les entretoises. M. Nozo a reconnu que, dans cette déformation, la paroi se détachait, à l'intérieur, des filets de l'entretoise, à ce point qu'il a pu constater entre eux une sensible couche de tartre remplissant la cavité. L'armature des deux parois reliées du foyer ne s'opère plus alors que par la tête rabattue de l'entretoise, dont les filets ne servent presque plus. Cette tête est elle-même souvent rongée par le feu ou aigrie par la percussion; elle n'offre, d'ailleurs, qu'une très faible surface. En somme, l'armature du foyer est très incomplète, et de là des explosions bien expliquées. M. Nozo remplacera, dans la nouvelle machine, ces entretoises à petites têtes rivées par des entretoises à écroux, selon l'ancien type Buddicom, qui présentent à la retenue de la paroi du foyer plus de surface si les filets s'en séparent, et dont on peut, en outre, changer les têtes quand elles sont rongées par le feu.

M. Houel déclare que les idées qui viennent d'être émises ne soulèvent de sa part aucune objection; il les recommande à la Société. Quant à la nouvelle machine, elle lui paraît réunir les conditions voulues pour le service spécial que l'on compte lui demander.

SÉANCE DU 6 FÉVRIER 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. Salvetat, Emile Barrault et Hervey Picard ont offert leur concours pour les comptes rendus analytiques des publications adressées à la Société.

MM. Ferd. Mathias et Faure se sont en outre chargés de rendre compte : le premier, des quatre derniers numéros du *Journal des ingénieurs autrichiens ;* le second, du compte rendu de la dernière séance de la Société des ingénieurs civils anglais.

Parmi les autres publications adressées à la Société, M. le Président fait une mention spéciale d'un exemplaire des expériences exécutées par MM. Combes, Couches et Piobert, sur le frein automoteur de M. Guérin, à l'usage des chemins de fer, et dont la Société des ingénieurs civils s'est occupée précédemment.

M. FAURE, après avoir rappelé l'initiative de la Société dans l'étude de ce nouveau mécanisme, dit que M. Guérin lui-même se plaît à proclamer que, si le problème des freins automoteurs est aujourd'hui résolu par un système dont l'idée première lui appartient, son succès est dû aussi pour une large part à la collaboration aussi dévouée que désintéressée de M. Forquenot, l'un de nos vice-présidents.

M. CALLON entretient la Société d'une nouvelle découverte intéressant l'agriculture et qui vient d'appeler l'attention de l'Académie des sciences. Un intérêt considérable, dit M. Callon, trop justifié par l'insuffisance des dernières récoltes, s'attache aujourd'hui aux progrès de l'industrie agricole.

La Société des ingénieurs civils a récemment accordé son attention aux communications faites par M. Faure, au nom de M. Mangon, sur l'utilisation comme engrais des eaux d'égouts, par M. Wicksteed ; et précédemment elle a accueilli, avec non moins d'intérêt, les communications qui lui ont été faites à plusieurs reprises sur le drainage, sur les machines rurales, etc. La Société a ainsi prouvé qu'elle aime à s'entretenir des travaux relatifs à cette industrie agricole, qui réclame de jour en jour le concours des ingénieurs.

Tout le monde connaît la belle application qui a été faite des noirs de raffinerie à la fabrication de très riches engrais, qui doivent leur qualité à la grande quantité de phosphate qu'ils contiennent ; or, il ne s'agit de rien moins aujourd'hui que de la découverte de gisements de phosphate de chaux

fossile, sous forme de nodules empâtés dans la craie et formant des bancs énormes jusqu'à fleur de sol dans différents départements. Ces nodules contiennent de 15 à 22 p. 100 d'acide phosphorique propre à être employé à la fabrication d'engrais composés, sur lesquels se fondent des espérances bien supérieures à celles que l'emploi, toujours un peu restreint, des noirs de raffinerie, a pu réaliser. Ces nouveaux engrais ont déjà été remis à divers cultivateurs, et essayés sur une grande échelle; leurs qualités seront prochainement jugées, et, si les phosphates découverts sont vraiment reconnus propres à l'amendement des terres, leur abondance et leur extraction facile deviendront un événement aussi important pour l'agriculture que le fut pour l'industrie la découverte des chaux hydrauliques de Vicat, qui, suivant Arago, ont permis de réaliser en France plusieurs centaines de millions d'économie dans les travaux publics où elles ont été employées.

La Société des ingénieurs civils accueillera donc avec le plus grand intérêt, comme paraît l'avoir fait l'Académie des sciences, la découverte de ces grandes masses de phosphate de chaux et leur introduction dans certains engrais composés, que viennent de faire MM. de Melun et Thurneisen, d'une part, et MM. Duglèré, d'autre part.

M. Emile Barrault a la parole pour donner communication de l'étude qu'il a faite conjointement avec M. Piquet, son collègue, sur quelques nouveaux procédés métallurgiques.

Il fait remarquer d'abord, comme signe caractérisque de notre siècle industriel, que, dans tous pays, et sur tous les points à la fois, les questions se trouvent étudiées en même temps, sans relâche, jusqu'à solution partielle ou complète; il attribue cette attaque générale d'une seule question, cette fièvre particulière à notre siècle, aux moyens rapides de communication actuellement établis, qui font que, dans tous les pays à la fois, on est informé presque en même temps des besoins existants, des théories nouvelles émises et des propositions qui, bien souvent, sont jetées à la face de l'industrie par le besoin de tel ou tel produit, par la cherté de telle matière première, par telle nécessité de situation, d'hygiène ou même de politique.

M. Barrault fait remarquer alors que l'une des études les plus suivies est celle des perfectionnements de la fabrication du fer et de l'acier; il indique qu'il veut éviter toutes questions d'antériorité, et que son seul but est d'examiner les moyens proposés au point de vue du meilleur effet pratique; pour cela, il a voulu d'abord examiner les trois procédés connus sous le nom de :

1° Procédé Uchatius (Lentz),

2° Procédé Bessemer,

3° Procédé Tessié du Motay et Fontaine.

M. Barrault s'exprime ainsi au sujet de ces trois systèmes. Le procédé Uchatius consiste à opérer la transformation rapide de la fonte en acier par le mélange intime de la fonte en grains ou morceaux (2,000 environ par kil.) avec du fer spathique et du manganèse, ou avec toute autre substance contenant de l'oxygène et de l'eau, et pouvant l'abandonner à une haute température pour réduire le carbone de la fonte.

Nous n'insisterons pas sur les détails de ces procédés et les résultats

qu'on peut en obtenir, M. Vissocq en ayant rendu compte à la Société d'une manière détaillée ; de plus, un rapport étendu a été publié dans les *Annales des Mines,* qui détaille les expériences faites au chemin du Nord et conclut à un examen plus approfondi de ce nouveau procédé, qui peut apporter de notables économies dans la fabrication de l'acier.

En effet, l'on prétend que cet acier pourra se livrer, en France, à 40 ou 45 centimes.

Malgré la constatation, que nous croyons sérieuse, des échantillons soumis aux épreuves de la commission, nous ne pensons pas que le succès réponde aux espérances que ce procédé a pu éveiller.

En effet, le procédé Uchatius repose sur l'emploi de mélanges destinés à enlever au fer son carbone, et sur l'intimité de l'action que l'on obtient par la division aussi complète que possible de la fonte.

Or, il faut une attention bien soutenue pour graduer les proportions suivant la qualité des fontes, et les études déjà faites dans ce sens ont démontré que l'acier obtenu ne présentait pas toujours toutes les qualités voulues.

Sans rien préjuger, nous croyons qu'il faut attendre la pratique pour apprécier sainement un pareil procédé.

En métallurgie, il ne suffit pas d'établir une théorie et de fournir des échantillons satisfaisants à l'épreuve, il faut que la pratique permette l'usage industriel des procédés indiqués, sans qu'il soit besoin de la surveillance incessante d'hommes spéciaux chargés d'un dosage constamment renouvelé ; il faut avoir des signes certains pour connaître la marche et la fin des opérations ; il faut enfin que les échantillons fassent partie d'une quantité considérable de produits dont on sache exactement le prix de revient.

Passons au procédé Bessemer.

Dans une des dernières séances, M. Barrault a exposé ce procédé, dont l'essence est de faire agir l'air froid ou chaud en jets divisés sur la fonte encore en fusion, dans un four ou dans des creusets où cette fonte est reçue à la coulée du haut-fourneau.

On voit qu'ici l'intimité d'action est obtenue par la liquidité du métal mis en contact avec les jets divisés du gaz décarburant.

M. le Président avait bien voulu demander quelques détails sur les expériences faites en Angleterre ; il est à regretter que jusqu'à présent ces expériences ne présentent pas tous les caractères d'une démonstration complète et suffisante.

M. Bessemer ne veut agir que sur certains minerais et dans des conditions particulières, et les produits qu'il obtient sont loin de présenter l'homogénéité que l'on pourrait désirer.

D'après le rapport d'hommes compétents qui ont expérimenté pendant quelques jours avec l'inventeur, M. Bessemer n'obtiendrait que des fers de mauvaise qualité, constituant un mélange hétérogène de fer brut, de fer, d'acier et de fonte, qui, présentés sous le marteau-pilon à l'état de loupe, se gercent et se brisent faute d'homogénéité.

M. Bessemer opère mieux dans des creusets que dans des fours, ainsi, du reste, que nous l'avons pressenti dans la communication que nous avons déjà faite à la Société.

L'inventeur s'est attaché jusqu'à présent à fabriquer du fer, qu'il ne peut obtenir de bonne qualité, tandis que son procédé s'applique mieux, et d'une façon plus rationnelle, à la production d'acier d'assez bonne qualité.

Ce fait se comprend aisément : en effet, pour la fabrication du fer, aucun signe ne permet de diriger et d'arrêter l'opération en temps voulu, tandis que pour l'acier, combinaison plus définie, l'acier restant liquide, on peut arriver, en prenant des échantillons et les comparant à des types connus, à arrêter l'opération juste à temps pour que la masse fluide puisse couler dans les lingotières et fournir une matière à peu près identique aux types voulus.

Du reste, M. Bessemer continue ses études et ses expériences et perfectionne chaque jour ses procédés. Qu'il dirige ses perfectionnements vers les appareils dans lesquels il opère, de manière à mieux répartir et régler l'action de ses gaz, et l'avenir lui tient en réserve un succès cherché longtemps avant lui dans cette même voie.

Le procédé de MM. Tessié du Motay et Fontaine se présente dans des conditions plus satisfaisantes : car, d'une part, ces messieurs ont présenté à la Société des produits faisant partie de livraisons considérables opérées depuis trois mois, et, d'autre part, ils ont bien voulu communiquer leur théorie, dont les aperçus nouveaux frapperont d'autant plus que la pratique les confirme, et qu'ils expliquent certains faits jusqu'à présent inexpliqués en métallurgie.

Le système d'affinage de MM. Tessié du Mottay et Fontaine a pour but de transformer dans les feux d'affineries, et plus spécialement dans les fours à puddler, les fontes au bois de toutes provenances, les fontes mixtes au charbon de bois et au coke, et quelques fontes au coke de provenances spéciales en fers forts, c'est-à-dire en fers analogues à ceux produits par l'affinage au charbon de bois des fontes issues des minerais carbonates, des oxydules magnétiques ou même des pyrolithes du Berry et de la Franche-Comté.

Dans ce nouveau système, on opère à l'aide de sornes artificielles ou d'agents chimiques, réagissant soit ensemble soit séparément sur les fontes au coke ou au bois, pendant leur réduction à l'état de fer, sans rien changer d'ailleurs à la conduite ordinaire des fours de fineries et puddlage.

Les sornes artificielles, quoique dérivant d'un même type, peuvent être constituées selon les deux modes suivants :

Premier mode. — On fond la *scorie* communément employée dans les fours de fineries et de puddlage avec un *silicate d'alumine*, provenant soit des argiles, des feldspaths, des terres réfractaires; soit des marnes ou de tous autres silicates d'alumine combinés avec des silicates alcalins, alcalins terreux ou métalliques. On ajoute à cette sorne, avant ou pendant sa fusion : 1° un *bicarbonate* de *potasse* ou de *soude*, 2° un *silicate* de *protoxyde* de *fer* ou *tout autre silicate anhydre*.

Deuxième mode. — On fond la *scorie* communément employée dans les fours de fineries et de puddlage avec un *silicate d'alumine* provenant soit des argiles, des feldspaths, des terres réfractaires; soit des marnes ou de

tous autres silicates d'alumine, combinés avec des silicates alcalins, alcalins terreux ou métalliques.

On *affine* ou on *puddle dans cette sorne* soit de la fonte au bois, soit de la fonte au coke. Pendant cet affinage ou ce puddlage, les oxydes de fer produits s'unissent à cette sorne, à laquelle on ajoute un *silicate de protoxyde de fer ou tout autre silicate anhydre.* Les sornes artificielles étant constituées selon l'un des deux modes ci-dessus décrits, on les fait couler et refroidir.

On garnit ensuite soit les fours à puddler, soit les creusets de finerie, des silicates et des oxydes du fer communement employés pour l'affinage et le puddlage des fontes au bois et au coke. Avec ces silicates et ces oxydes, on fond indistinctement la première ou la seconde sorne artificielle.

On affine ou on puddle dans ce laitier de la fonte au bois ou au coke.

Au moment où cette fonte est en partie décarburée, on jette dans le creuset de finerie ou dans le four du puddlage soit un *hypochlorite de potasse, de soude, de chaux, de magnésie, de strontiane ou de baryte;* soit un *bicarbonate de potasse ou de soude.*

Le carbonate de magnésie basique peut être également employé.

On peut remplacer les sels ci dessus par les mélanges ou accouplements de sels et d'oxydes tels que : carbonates doubles de fer ou de manganèse et d'un alcali (potasse, soude, chaux ou magnésie); carbonates d'un alcali et chlorure de calcium, potassium, sodium ou magnésium; oxyde de manganèse, chrome ou fer et chlorure de sodium, potassium, calcium, magnésium ou barium.

Dans les opérations suivantes, que l'on emploie ou que l'on n'emploie pas les agents chimiques ci-dessus, on continue à ajouter aux laitiers : 1° une fraction de la première ou de la seconde sorne artificielle, 2° les battitures de fer provenant du martelage ou du laminage des loupes produites par le procédé. Selon la qualité des fontes à réduire, on ajoute une quantité plus ou moins grande de l'une ou l'autre des sornes artificielles ci-dessus décrites ou des sels et des oxydes susnommés; en général, la quantité employée ne dépasse pas cent pour cent du poids de la fonte brute traitée.

Les hypochlorites, les bicarbonates et les autres sels et oxydes ci-dessus peuvent être utilisés pour l'épuration des fontes au bois ou au coke, sans l'emploi des deux sornes artificielles plus haut décrites, à la condition surtout que l'on ajoute aux scories communément employées pour l'affinage ou le puddlage des fontes une certaine quantité d'un silicate de protoxyde de fer ou de tout autre silicate anhydre.

On voit que ce système repose :

1° Sur la fabrication et l'emploi raisonné de sornes facilement réductibles, fournissant des fer pyrophoriques;

2 Sur l'emploi des substances oxydantes à bas prix, cédant facilement leur oxygène;

3° Sur le choix des moments convenables pour faire agir les sornes et substances oxydantes sur les fontes réduites dans des fours à puddler.

C'est en se fondant sur le fait déjà connu que le fer réduit en présence

de l'alumine est pyrophorique, et qu'il peut supporter une température élevée dans un milieu réducteur sans changer d'état, que l'on est arrivé à composer une scorie d'affinage remplissant la triple condition :

1° De contenir des oxydes qui se réduisent en fer pyrophorique ;

2° De produire par son action oxydante sur la fonte qu'elle décarbure une notable proportion de fer intermédiaire ;

3° De permettre au silicium et aux phosphores oxydés de s'unir à elle sous forme de silicate et de phosphate d'alumine.

Toutefois, ce n'est pas en projetant ou en mêlant de l'alumine, comme on l'a essayé en maintes circonstances, avec des silicates de fer basiques ou avec des oxydes, que cette scorie d'affinage peut être normalement constituée.

L'oxyde de fer contenu dans une sorne ainsi formée ne se transformerait que peu ou point en fer pyrophorique.

La scorie d'affinage qui remplit les conditions ci-dessus énumérées est un silicate d'alumine et de fer complexe dans lequel la silice est combinée d'une part avec du protoxyde de fer uni ou non uni à une ou plusieurs bases alcalines, terreuses ou métalliques, et d'autre part avec de l'alumine unie à des oxydes magnétiques ou à des protoxydes de fer.

Cette sorne d'affinage, qui, employée dans les fours à puddler, permet de fabriquer des fers fort semblables aux meilleurs fers au bois de l'Ariége et des Pyrénées, peut également être utilisée avec avantage dans les feux des forges pour affiner des fontes au coke et pour produire avec ces fontes des fers fin d'une qualité supérieure.

La qualité du fer fabriqué par ces procédés est aujourd'hui reconnue comme supérieure.

De nombreux essais pratiques ont eu lieu dans diverses usines.

Des livraisons importantes ont été faites au commerce ; plusieurs rapports ont constaté que ces fers pouvaient être comparés aux meilleurs fers connus.

Les procédés de MM. Tessié du Motay et Fontaine économisent 80 fr. au moins sur la production d'une tonne de fer affinée au bois.

M. Barrault, après avoir indiqué le détail des prix de revient, expose alors une théorie très détaillée, trop longue pour être reproduite au bulletin, qui repose d'une part sur les théories déjà connues de MM. Kastern, Chevreul, Ebelmen et Leplay, et d'autre part sur les observations personnelles de MM. Tessié du Motay et Fontaine.

Il fait remarquer que cette théorie a pour objet d'indiquer la pensée dirigeante de MM. Tessié du Motay et Fontaine, et qu'il la donne comme explication caractérisant bien la nouveauté du procédé, qui consiste surtout, d'après lui, dans la combinaison nouvelle de moyens déjà employés, soit isolément, soit autrement, mais jamais dans les conditions qu'il expose et donnant des résultats constants, identiques et supérieurs par des opérations raisonnées.

M. Barrault cite ensuite des expériences détaillées, faites dans plusieurs ateliers et à différents chemins de fer ; les résultats de ces expériences indi-

quent des qualités supérieures dans le fer Tessié du Motay et Fontaine, et le font comparer aux fers d'Audincourt et de la Grainerie.

Enfin, M. Barrault conclut ainsi :

La tendance signalée dans les procédés Uchatius et Bessemer consiste dans l'action intime des réactifs sur la matière à transformer, à savoir : l'oxygène et l'eau du fer spathique agissant sur des fontes divisées mécaniquement, ou bien l'oxygène de l'air en jets divisés agissant sur de la fonte en fusion.

Ces procédés sont les résultats d'une théorie juste, faite de prime abord, mais ne tenant pas compte de tous les phénomènes pratiques; la tendance est bonne, elle peut produire des résultats dans des circonstances favorables, mais non pas d'une manière permanente.

On constitue ainsi des systèmes ingénieux, mais non industriels; la pratique et l'étude pourront les compléter et en tirer plus tard des ressources importantes.

Le procédé du Motay et Fontaine, au contraire, découle d'une étude laborieuse des faits et théories connus et constatés, et reste dans les données usuelles, tout en se les appropriant d'une manière neuve.

Les changements qu'il apporte ne sont pas de nature à troubler les ouvriers spéciaux, qui peuvent de suite diriger des opérations qui leur sont familières; il réalise l'instantanéité d'action tout en suivant la tradition; en un mot, il constitue une innovation pratique, radicale par le fond, minime par la forme; il utilise le matériel existant et donne des fers remarquables à tous égards, pouvant fournir des aciers supérieurs, comparables aux plus beaux échantillons connus.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Barrault de sa communication. Il fait observer que, pour avoir une idée exacte de la valeur des essais dont il a été parlé dans le mémoire, il serait bon de connaître le prix commercial des échantillons de fer de Mareuil et de MM. Tessié et Fontaine, qui ont été comparés seulement sous le rapport de la qualité.

UN MEMBRE dit qu'il avait eu communication du travail de M. Barrault avant qu'il fût lu à la Société. Après l'avoir écouté de nouveau avec attention, il lui semble que le mémoire n'a pas complétement tenu les promesses du titre. Dans ces dernières années, les études métallurgiques ont été poursuivies par un grand nombre d'ingénieurs. MM. Uchatius et Bessemer ont fait connaître des procédés dont les résultats, s'ils ne sont pas encore régulièrement obtenus, sont cependant remarquables. L'auteur du mémoire annonçait une comparaison qu'il paraît ne pas avoir faite.

Il regrette surtout que le nom de M. Adrien Chenot, qui a beaucoup fait pour le progrès de la métallurgie dans ces vingt dernières années, n'ait pas été prononcé. Dans un mémoire publié en 1855 par cet ingénieur, on trouve cependant bon nombre des idées émises par MM. Tessié et Fontaine, et notamment celles qui se rattachent au rôle que jouent le fer pyrophorique et l'oxygène à l'état naissant.

Le mémoire de M. Barrault se contente de donner d'une manière un peu trop générale peut-être la théorie de MM. Tessié et Fontaine sur les réactions métallurgiques et sur le rôle qu'y jouent certains silicates artificiels

plus ou moins complexes ; mais le vague laissé sur la composition de ces silicates, sur le mode et sur l'instant de leur emploi, ne permet peut-être pas de bien comprendre et d'apprécier le procédé réellement appliqué par les inventeurs.

Un grand nombre de systèmes métallurgiques exploités dans les derniers temps sont basés sur les mêmes principes. La fabrication directe des aciers a fait, dans ces dernières années, des progrès considérables que le travail de M. Barrault aurait pu rappeler, puisqu'il avait pour but un examen comparatif. Les beaux produits de MM. Pétin et Gaudet et ceux d'autres métallurgistes français auraient pu de même être indiqués. Néanmoins, si les échantillons produits par MM. Tessié et Fontaine peuvent être obtenus *couramment* aux prix annoncés, on doit reconnaître à leur procédé un avenir sérieux. Ainsi, tout le monde sait qu'à Seraing notamment, on produit dans le four à puddler des aciers qui se vendent à des prix réduits.

Un autre Membre remarque que le fait d'obtenir du fer de très bonne qualité par le four à puddler n'est pas nouveau ; à Vierzon et à Rozières on fabrique de cette manière du fer excellent pour la marine.

M. Barrault répond qu'il y a cette différence, que les fers de MM. Tessié et Fontaine sont obtenus à la houille, tandis que ceux de Vierzon et de Rozières sont des fers au bois.

Il indique que son mémoire actuel ne porte l'examen que sur trois procédés, ce qui explique pourquoi il n'a cité ni M. Chenot ni les produits de MM. Pétin et Gaudet, ayant du reste indiqué qu'il évitait toutes questions d'antériorités.

Le premier Membre constate que les beaux résultats de la fabrication du fer remontent à l'introduction au Creuzot, à Vierzon, des fours à puddler à haute température, dits fours bouillants. On a pu de cette manière, dit-il, obtenir, par le brassage, un mélange plus intime qui favorise les réactions. On a pu surtout additionner, dès lors, en proportions plus grandes, des scories qui, liquéfiables à haute température, ont pu céder à l'état naissant, si favorable, l'oxygène et le fer qu'elles contiennent. Tous les essais de nouveaux procédés datent de cette époque, et sont fondés à peu près sur les mêmes principes.

Un membre demande si on a comparé les fers de MM. Tessié et Fontaine avec ceux des forges de Clavières et de Boissy. Il remarque que l'essai sur quelques échantillons est tout à fait insuffisant, car il se présente souvent dans des fers de même provenance des différences considérables. Il demande en outre si les prix de revient des fers de MM. Tessié et Fontaine ont été comparés avec ceux des fers de Vierzon, fabriqués au four à puddler.

M. Barrault répond que les fers essayés ont été fabriqués en présence de M. Callon, ingénieur des mines, frère de notre honorable président, et que les échantillons ont été choisis par lui. Quant à la comparaison des prix de revient, il manque de renseignements à ce sujet, les expériences se faisant en ce moment ; aussitôt qu'il en aura reçu, il s'empressera de les communiquer à la Société.

SÉANCE DU 20 FÉVRIER 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. LE PRÉSIDENT annonce que la Société a reçu, par l'intermédiaire de M. E. Flachat, une lettre de M. Manby, secrétaire de l'Institut des ingénieurs civils de Londres. M. Manby remercie la Société d'avoir bien voulu l'admettre comme membre sociétaire, et il ajoute que ce nouveau titre lui fait un devoir d'accueillir avec plus d'empressement encore que par le passé les ingénieurs français qui visitent l'Angleterre.

M. LE PRÉSIDENT communique à la Société un beau travail de M. Jeanneney, membre de la Société, ancien élève de l'École centrale, sur l'éclairage au gaz. Ce travail, très compacte et par suite difficile à analyser, a été publié dans les bulletins de la Société industrielle de Mulhouse; il est intitulé : *Notions sur l'emploi du gaz, avec tableaux et courbes représentatives.*

Le but de ces tableaux et de ces courbes est, d'après l'auteur, « d'enseigner comment on doit brûler le gaz, pour en tirer le plus grand pouvoir « éclairant, avec la moins grande dépense possible ».

M. Jeanneney a fait un grand nombre d'expériences qu'il est impossible d'exposer complétement, mais voici les plus remarquables :

Première série d'expériences. — Si l'on prend deux becs du même genre (dits *brûleurs à deux trous*) et qu'on leur fasse dépenser le même volume de gaz sous des pressions différentes, on obtient les résultats suivants :

L'un, dépensant 100 litres de gaz à la houille sous une pression de 18 millimètres d'eau, a un pouvoir éclairant de 3 bougies 1/2.

L'autre, dépensant le même volume sous 7 millimètres de pression, a un pouvoir éclairant égal à celui de 7 bougies.

Deuxième série d'expériences. — Si l'on prend deux becs de même genre, mais de grosseurs très différentes, et qu'on brûle du gaz dans chacun d'eux sous la même pression, on observe que :

L'un, brûlant 50 litres à la pression de 7 millimètres, a un pouvoir éclairant égal à celui de 2,25 bougies;

L'autre, brûlant 125 litres sous la même pression, a un pouvoir éclairant de 11,25 bougies.

Le même volume, 125 litres, brûlé dans des becs semblables au premier, n'aurait donné qu'un pouvoir éclairant de

$$125/50 \times 2{,}25 = 5{,}62 \text{ bougies.}$$

Il résulte évidemment de ces expériences que, pour tirer du gaz la plus grande lumière possible, il faut marcher à *basse pression* et à *grosse flamme*. En un mot, on peut dire que le litre de gaz pour un bec donné est en raison directe du volume brûlé et en raison inverse de la pression sous laquelle on le brûle.

Il existe cependant une limite qu'il ne convient pas de dépasser et qui est indiquée par le moment où le gaz commence à donner de la fumée.

Pour mieux faire comprendre les résultats de ces expériences, M. Jeanneney a tracé des courbes représentatives du titre du gaz. Il y a une courbe pour chaque pression de 2 à 18 millimètres. Les abscisses représentent les dépenses du gaz, et les ordonnées indiquent les titres correspondants. On voit ainsi d'un coup d'œil que la courbe, dans ces limites de pressions, s'éloigne de plus en plus de l'axe des abscisses.

Pour tirer de ces résultats un avantage pratique, il fallait trouver le moyen de réduire la pression d'une manière simple et commode dans les appareils existants. Pour cela on pouvait fermer au degré voulu soit le robinet du compteur, soit le robinet de chaque bec. Mais, dans le premier cas, comme la résistance au mouvement du gaz n'est pas la même pour chaque bec, les pressions auraient été très différentes d'un bout de la salle à l'autre. Dans le second cas, la manœuvre, ayant été confiée à des domestiques, aurait été mal faite, et il n'y aurait pas eu d'avantage sensible. M. Jeanneney a proposé de mettre sur chaque bec deux robinets : l'un caché, et que l'on règle au degré voulu une fois pour toutes ; l'autre libre, et semblable aux robinets ordinaires. De cette façon on peut régler la pression comme on l'entend et d'une manière permanente.

M. Faure présente à la Société une nouvelle soupape en caoutchouc, imaginée par M. Perreaux, constructeur d'instruments de précision. Cette soupape, remarquable par sa simplicité, et qui peut résister aux plus grandes pressions (40 atmosphères), commence à être appliquée sur les chemins de fer.

M. Lepelerin donne ensuite communication de son mémoire sur les chaudières qui ont fonctionné à l'Exposition universelle de 1855.

Ce mémoire est divisé en trois parties :

1° Dispositions des générateurs,
2° Résultat des expériences,
3° Observations générales.

PREMIÈRE PARTIE.

DISPOSITIONS DES GÉNÉRATEURS.

Les générateurs exposés dans le palais de l'Industrie sont les suivants :

— La chaudière tubulaire à foyer intérieur et fumivore de MM. Molinos et Pronnier, construite par MM. Nepveu.

— Trois chaudières cylindriques à foyer extérieur, à tubes réchauffeurs superposés, de M. Farcot.

— Deux chaudières appartenant à MM. Pommereau et Cᵉ, avec application du système fumivore de M. Beaufumé, construites par MM. Cail et comp.

— Une chaudière de locomotive du chemin de fer de Lyon, construite par MM. Cail et comp.

— Une chaudière à deux bouilleurs et tube réchauffeur latéral, de M. Durenne.

Une chaudière tubulaire verticale, de M. Zambaux.

— Une chaudière tubulaire dite *gazéificateur inexplosible*, de M. Clavières.

La chaudière de MM. Molinos et Pronnier est composée, comme les chaudières des locomotives, d'une boîte à feu de grande dimension, et au milieu de laquelle se trouve un bouilleur, d'un corps cylindrique et d'une boîte à fumée. Le tirage s'effectue au moyen d'un ventilateur qui envoie de l'air 1° sous la grille ; 2° au-dessus du foyer, latéralement, au moyen d'entretoises creuses ; et 3° au-dessus de l'autel. On produit ainsi un mélange complet de cet air avec la fumée. Au moyen de registres, on règle l'entrée de l'air de manière à n'introduire que la quantité nécessaire.

La surface de la grille est de.	0m.q. 65
Id de chauffe.	24m.q. 69
Le nombre de tubes.	33
Diamètre, id.	0m.045
Surface de chauffe des tubes	18m.502
Id. Id. totale.	24m.686
Volume de l'eau contenue dans la chaudière, en litres. .	2,460
Volume de la chambre de vapeur.	800

Chaudières Farcot. — Ces trois chaudières sont semblables : les deux premières sont de 40 chevaux ; la troisième, de 25 chevaux.

Elles sont composées d'un corps cylindrique ou évaporateur, et de deux tubes réchauffeurs légèrement inclinés et placés latéralement.

L'eau suit une marche inverse de celle de la fumée : elle monte toujours en s'échauffant, tandis que les gaz de la combustion descendent en se refroidissant.

Dimensions des chaudières Farcot.

	Nos 1 et 2.	No 3.
Dimension de la grille	1m.q.70	1m.37
Surface de chauffe	50m.q.00	32m.q.00
Distance de l'autel à la chaudière.	0m.20	0m.12
Distance de la grille à la chaudière.	0m.45	0m.37
Contenance d'eau en litres.	7,730	

Système Beaufumé. — On produit, dans un appareil spécial appelé *gazogène*, des gaz combustibles, et on les brûle ensuite au-dessous d'une chaudière dans le but d'obtenir ainsi la combustion complète de la fumée.

Ce système s'applique à toutes sortes de chaudières. Le gazogène est une caisse carrée en tôle à doubles parois entretoisées, fonctionnant comme chaudière à haute pression. Le foyer est alimenté au moyen de chargeoirs placés au-dessus et fermés à leurs extrémités de manière à pouvoir introduire le combustible sans que les gaz puissent s'échapper.

La hauteur du charbon dans le gazogène est de 60 à 70 centimètres.

L'air poussé dans le foyer au moyen d'un ventilateur se combine avec le carbone et l'hydrogène du combustible, en produisant d'abord de l'acide carbonique et de la vapeur d'eau ; sous l'influence de la chaleur et du charbon en excès, ces produits sont décomposés en oxyde de carbone et en hydrogène.

Ces gaz combustibles sont amenés dans une boîte en tôle à compartiments, et dans ces compartiments, en alternant, arrive également de l'air.

Au moyen de registres, on règle à volonté l'admission de l'air et des gaz combustibles, et, lorsque ces derniers sont dans un état convenable, on les enflamme. Le mélange de gaz est poussé dans des carneaux placés sous les chaudières et ressort complétement brûlé.

Chaudière locomotive de Lyon. — Cette chaudière n'a rien de particulier ; la prise de vapeur se fait latéralement sur la boîte à soupapes. Le tirage se fait par une cheminée de $12^m.50$ de hauteur et de $0^m.35$ de diamètre, sans jet de vapeur.

La surface de la grille est de.	1m.q.121
— de chauffe du foyer.	7 » 22
Il y a 114 tubes de $0^m.045$ de diamètre et de $3^m.40$ de longueur, donnant une surface.	73 » 92
Surface de chauffe totale.	81 » 14

Chaudière Durenne. — Elle se compose d'un corps cylindrique, de deux bouilleurs et d'un tube réchauffeur.

La fumée, après avoir passé sous les bouilleurs et la chaudière, cède l'excès de la chaleur qu'elle emporte à l'eau du réchauffeur, autour duquel elle circule deux fois.

La surface de la grille est de.	2m.q.09
— de chauffe	47 » 32
La distance de la grille à la chaudière.	0m.48
La contenance d'eau en litres.	5200

Chaudière verticale de M. Zambaux. — Elle est à tubes verticaux et foyer intérieur. Au moyen de deux enveloppes en tôles concentriques, placées autour des tubes, et formant comme une sorte de siphon,

M. Zambaux force l'eau à mouiller les tubes dans toute leur hauteur, lorsque la chaudière est en pression.

Hauteur totale de la chaudière.	1m.700
Surface de grille.	0m.q.120
Diamètre du foyer.	0m.50
Hauteur du foyer.	0m.50
Longueur des tubes.	1m.160
Diamètre.	0m.040
Surface de chauffe du foyer.	0m.q.785
— de 60 tubes.	8m.741
— de chauffe totale.	9m.526
Force nominale chevaux.	12m.000

Chaudière Clavières. — Elle se compose d'une série de tubes verticaux et de tubes horizontaux.

Deux tubes horizontaux reçoivent les extrémités filetées de douze tubes verticaux et composent un jeu d'orgues.

Il y a neuf jeux d'orgues réunis entre eux au moyen de cinq tubes courts filetés.

La partie supérieure de l'ensemble est reliée à un serpentin composé de tubes horizontaux.

Ce serpentin est séparé des jeux d'orgues par une voûte en briques réfractaires et se termine par une boîte de vapeur extérieure au fourneau recevant les appareils de distribution et de sûreté.

Les deux jeux d'orgues extrêmes ont leurs tubes plus longs que les autres ; ils descendent un peu au-dessous de la grille et enveloppent ainsi les côtés extérieurs du foyer.

Cette chaudière contient peu d'eau, produit de la vapeur sèche à toute température et à toute pression.

Elle a été essayée à 50 atmosphères, et avait servi un an sur un bateau de transport avant de figurer à l'Exposition.

Surface de grille.	0m.q.90
Volume du générateur.	4m.c.050
Contenance d'eau en litres.	153
Surface de chauffe de vaporisation.	7m.q.470
— séchant la vapeur	17m.860
Diamètre des tubes horizontaux.	0m.06
Epaisseur.	0m.005
Diamètre des tubes verticaux.	0m.05
Epaisseur.	0m.004

RÉSUMÉ DES EXPÉRIENCES.

CHAUDIÈRES.	RAPPORT de la surface de chauffe à celle de la grille.	MISE EN PRESSION A CINQ ATMOSPHÈRES.			QUANTITÉ MOYENNE DE VAPEUR	
		Volume d'eau à 17° introduit.	Temps employé.	Combustible brûlé.	par kil. de charbon.	par mètre carré et par heure.
MOLINOS et PRONNIER	38.00	2460	0h 35m	60k	10.467	29.73
FARCOT.	29.50	7730	1 30	210	6.43	16.16
BEAUFUMÉ.	»	2380	2 »	406	7.75	»
LYON	72.44	2400	1. 15	135	7.91	12.32
DURENNE	22.64	5200	2 »	310	6.70	21.07
ZAMBAUX	88.61	240	» 15	70	8.30	16.47
CLAVIÈRES.	28.14	115	» 25	30	8.12	30.44

DEUXIÈME PARTIE.

Les expériences faites à l'Exposition concordent généralement avec celles exécutées ailleurs sur des générateurs de construction semblable.

Elles font voir que les chaudières tubulaires sont celles qui donnent le rendement le plus grand par kilogramme de charbon brûlé.

Les chaudières de MM. Farcot et Durenne se sont maintenues dans une bonne moyenne; la dernière est une de celles qui ont donné le plus de vapeur par mètre carré de surface de chauffe.

La chaudière de M. Clavières donne, par sa disposition, de la vapeur absolument sèche et à une très haute température, dont le degré dépend du niveau de l'eau. Cette propriété peut être d'un grand avantage pour certaines applications industrielles.

Cette chaudière, desservant la plus longue conduite de l'Exposition, a rendu le service de réchauffer la vapeur et de diminuer la condensation. Elle a bien fonctionné pendant toute la durée de l'Exposition.

L'alimentation doit être continue, sa contenance d'eau étant très faible.

La chaudière Zambaux n'a eu a subir aucune réparation pendant tout le temps de l'Exposition; elle évapore rapidement; elle est destinée à rendre de grands services à la marine et aux petites industries qui n'ont pas d'emplacements assez vastes pour y établir des chaudières à bouilleurs.

Cette chaudière demande une surveillance active, à cause de la petite quantité d'eau qu'elle contient. La vitesse avec laquelle elle vaporise exige presque une alimentation continue.

Les chaudières chauffées suivant le système de M. Beaufumé ont éprouvé des irrégularités fréquentes dans leur marche, par suite d'accidents arrivés au gazogène. La grille du foyer de ce dernier a été établie plus bas que les bords inférieurs du gazogène : ceux-ci étant très épais, les tôles qui composent les parois ont été brûlées dans cette partie, et les réparations nombreuses qu'il a fallu faire ont contrarié la marche des machines de l'Exposition, surtout quand une autre chaudière appartenant au même groupe se trouvait aussi arrêtée.

Par ce système on brûle bien la fumée, et les résultats sont bons quand l'appareil est en bon état; c'est donc surtout la construction du gazogène qu'il faut perfectionner.

On ne peut brûler que des combustibles maigres.

La manœuvre de cet appareil n'est pas difficile; mais il faut beaucoup de temps pour la mise en train, et, jusqu'à ce que les gaz soient allumés, il se dégage une grande quantité de fumée.

La chaudière de MM. Molinos et Pronnier est celle qui, dans toutes les épreuves, a donné les meilleurs résultats, soit comme économie de combustible, soit pour le peu de temps exigé pour la mise en train, soit comme rendement par mètre carré de surface de chauffe et par kilogramme de charbon brûlé. Cette chaudière remonte très facilement et en très peu de

temps en pression; par expérience on a constaté que la vapeur était sensiblement sèche. On y a brûlé toutes sortes de combustibles. Les combustibles maigres y donnent un rendement inférieur à celui obtenu avec le charbon de Charleroi. Les tout-venants s'y brûlent bien.

COMBUSTIBLES. — Les combustibles employés pour le chauffage des chaudières sont les suivants :

CONSOMMATION.

Service de jour.

CHAUDIÈRES.	kil.	
Molinos et Pronnier,	650	Gailleteux Charleroi.
Farcot n° 1,	1,500	Tout-venant Mons.
Id. n° 2,	1,600	Id.
Beaufumé,	810	Gailleterie Charleroi de Pont-de-Loup.
Locomotive de Lyon,	1,000	Coke.
Farcot n° 3,	1,100	Tout-venant Mons.
Durenne,	1,300	Id.
Zambaux,	140	Gailleteux Charleroi.
Clavières,	750	Tout-venant Mons.

Service de nuit.

Farcot n° 1,	150	Tout-venant Charleroi,
Id. n° 2,	170	Idem.
Locomotive de Lyon,	175	Coke.
Farcot n° 3,	150	Idem.
Durenne,	150	Idem.

Le service de jour commençait à sept heures du matin et finissait à six heures du soir.

Les chaudières qui ne faisaient pas le service de nuit n'étaient allumées que vers neuf heures et demie, dix heures.

Nature et prix du charbon brûlé par chaque chaudière.

CHAUDIÈRES :	les mille kil.
Molinos et Pronnier brûlait gailleteux Charleroi,	57 fr. 20
Zambaux — —	57 20
Farcot tout-venant Mons et Charleroi,	46 20
Durenne — —	46 20
Clavières — —	46 20
Lyon, coke	68 20
Beaufumé, gailleterie Charleroi,	61 60

DÉSINCRUSTATION DES CHAUDIÈRES. — L'eau de Seine a été seule mise en usage pour l'alimentation des chaudières.

On a employé plusieurs désincrustateurs pour éviter les dépôts durs; celui de M. Rey-Morel a donné de très bons résultats.

Quand on met à sec les chaudières, les eaux sortent blanches; il reste dans les parties basses des dépôts boueux, qu'on peut enlever facilement par un lavage.

On remarque sur les parois et les rivets des dépôts minces qui s'écaillent facilement et tombent sous le moindre effort.

En vidant les chaudières au moyen de la pression de la vapeur, la chaleur des carneaux fait dilater le métal, et le tartre tombe de lui-même.

Ce désincrustateur, se dissolvant complétement, ne peut salir les tuyaux et machines à vapeur, ni boucher les tubes de niveau des chaudières.

M. MERCIER DE BUESSARD présente à la Société des échantillons du coke obtenu par MM. Tardieu et Vaxeilles avec un mélange composé de 20 0/0 de houille grasse et de 80 0/0 d'anthracite. Ce coke a été employé aux hauts-fourneaux de Commentry avec avantage, car il ne contient que 5 0/0 de cendre. M. Mercier ajoute que, dans son opinion, ce nouveau coke permettra d'utiliser les gisements d'anthracite, très nombreux en France, et de tirer parti des menus d'anthracite qui sont encore perdus en Angleterre. Il espère en outre qu'on arrivera, par l'emploi de ce combustible, à une diminution très notable dans le prix de la fonte.

Le moyen de fabrication est excessivement simple. On broie chacun des combustibles séparément; on fait le mélange et on les broie de nouveau, puis on les met dans les fours à coke ordinaires.

M. COIGNET donne ensuite communication de son mémoire sur la confection et la composition des bétons. Après avoir rappelé qu'en 1856 M. Faure a fait à la Société une communication sur les travaux exécutés avec des bétons agglomérés, il dit qu'il vient aujourd'hui entretenir la Société de l'état actuel de ses constructions et des nouveaux résultats qu'il a obtenus.

M. COIGNET commence par insister sur la nécessité d'une bonne *agglomération* dans la fabrication des bétons. Il dit que la bonté des bétons dépend beaucoup moins de la qualité et des proportions des matériaux que de la manière de les employer. Il déclare que le succès et l'insuccès dépendent toujours du broyage et surtout de l'agglomération.

L'agglomération s'obtient par le choc répété d'un corps dur sur le béton. On rapproche ainsi les molécules et on fait entrer, sous un volume donné, une plus grande quantité de matériaux. Les bétons fabriqués de cette manière, avec une proportion de chaux et de ciment égale à 1/10, à 1/15, du volume, sont beaucoup plus résistants que les bétons ordinaires renfermant 1/3 à 1/4 de chaux ou de ciment de même qualité.

Pour obtenir une bonne agglomération, il ne suffit pas de pilonner vigoureusement, mais il faut encore éviter d'une manière absolue la présence de l'eau en excès : car, dans ce cas, l'eau vient remplir les vides que laissent les matériaux, sans que les chocs répétés puissent la chasser. Par l'évaporation cette eau disparaît, et le béton devient spongieux et friable. S'il

est exposé à la pluie, il absorbe de l'eau de nouveau, et par conséquent peut être détruit par les gelées.

Il faut donc éviter absolument un excès d'eau, ce qui n'est pas toujours facile, car il suffit d'une pluie, d'un sable humide, d'une chaux trop éteinte, ou même d'une trop grande quantité de chaux convenablement éteinte, pour empêcher l'agglomération.

C'est ce qui explique les insuccès que les constructeurs ont presque toujours subis dans leurs tentatives d'emploi des bétons à l'air. Les uns, ne connaissant pas l'inconvénient de la présence de l'eau, n'ont demandé la bonté des bétons qu'à la bonne qualité et à la quantité de chaux et ciments, tandis que les autres, qui comprenaient les effets d'une bonne agglomération, n'ont pu l'obtenir parce que la force humaine généralement employée est insuffisante pour broyer convenablement un béton assez ferme pour être aggloméré. On a donc été conduit à tenir les bétons trop mous, soit par une addition d'eau, soit par un excès de chaux ; tandis qu'au contraire, ils doivent être tenus très ferme, et ne former qu'une pâte épaisse et presque pulvérulente. Dans ces conditions, une force mécanique est indispensable pour un bon broyage.

Cette théorie de l'agglomération est confirmée par l'expérience : car tous les bétons bien broyés et bien agglomérés ont parfaitement résisté, même quand ils étaient placés dans les plus mauvaises conditions.

La pratique a fait en outre reconnaître un fait important : c'est que les bétons ne sont gélifs, même avec une agglomération insuffisante, que s'ils sont récents. Si l'on peut franchir sans détérioration un premier hiver, ils sont désormais hors d'atteinte.

M. Coignet dit que M. E. Flachat, après avoir vu les travaux exécutés à Saint-Denis, voulut bien lui confier des travaux du même genre. En conséquence, il a exécuté des égouts, un mur de soutènement, un massif de grue et de plaque tournante, enfin et surtout de grandes superficies de dallages. Tous ces travaux ont parfaitement résisté, sauf quelques parties de dallages exposés en plein air, et faits avec des bétons trop humides et mal broyés, faute de matériel suffisant. Les dallages à l'abri ne laissent rien à désirer. Un toit en terrasse construit à Saint-Denis a subi aussi quelques détériorations qui proviennent des mêmes causes. Mais la théorie nouvelle de l'agglomération qu'il vient d'exposer et l'emploi d'un matériel suffisant lui permettent maintenant d'obtenir dans toutes circonstances, et même dans l'arrière-saison, des bétons atteignant promptement le maximum de dureté et ne craignant pas la gelée.

M. Coignet présente à la Société des échantillons des divers bétons qu'il peut fabriquer. Il fait observer qu'ils sont tous de confection très récente, et que, malgré leur dureté, ils sont loin d'être arrivés à leur maximum. En effet, les bétons ont, comme on le sait, trois sortes de prises : 1° la prise qu'on peut appeler *prise moléculaire* a lieu au début par une espèce de cristallisation de chaux et ciment : la promptitude et l'énergie de cette prise établissent la qualité des divers chaux et ciments ; 2° la prise qu'on pourrait nommer *prise de siccité*, et qui s'accomplit par la dessiccation du béton ; 3° la prise qui pourrait s'appeler *prise chimique*, et qui se pro-

duit à la longue, soit par la transformation à l'air de la chaux en carbonate de chaux, soit par incrustation de bicarbonates calcaires provenant du contact prolongé des eaux filtrant sous le sol. C'est cette dernière prise qui donne aux bétons cette dureté extraordinaire. Les bétons présentés à la Société forment plusieurs catégories bien tranchées.

1° *Béton très dur.* — Ce béton se compose d'un quinzième de chaux, d'un quinzième de ciment, d'un dixième de pouzzolane quelconque (terre cuite ou cendre de houille) et de sable.

Il a une prise moléculaire aussi rapide qu'énergique. En quelques jours il devient dur comme de la bonne pierre; en quelques mois il atteint la dureté des pierres dures, devient imperméable et résiste complétement à l'action de l'eau et des intempéries. Au bout de vingt-quatre heures, il ne craint plus la gelée.

Son prix de revient, attendu le peu de chaux et de ciment employés, ne dépasse pas dans Paris (tous droits d'octroi payés, tous frais faits, maçonnerie terminée) 15 a 20 fr. le mètre cube. En province et dans les localités plus favorisées, ce prix peut descendre beaucoup plus bas. Comme il n'exige aucune espèce d'enduit ou de revêtement, il peut être employé en remplacement de la pierre de taille de la meilleure qualité. Or, comme la pierre de taille coûte à Paris 120 à 150 fr. le mètre cube, il en résulte une économie de 80 à 90 0/0. En outre, à dureté et résistance égales, ce béton aurait sur la pierre de taille l'avantage du monolithisme, et la suppression des joints serait une cause de moins d'altération.

On peut d'ailleurs, par un moulage soigné, faire aux maisons d'habitation tous les ornements, corniches, attiques, bandeaux, etc., que comporte leur décoration. On peut même, après coup et sur des façades de béton moins dur, ajuster des ornements en béton très dur; c'est ce qui a été fait à Saint-Denis.

M. Coignet cite pour l'emploi de ce béton les nombreuses applications suivantes :

Des caves et des ateliers complétement étanches, des planchers et des toitures économiques et incombustibles, tous les travaux d'hydraulique et de viabilité, des ponts, des viaducs, des aqueducs, des citernes et des réservoirs, des silos et des cuves propres à la conservation des denrées solides ou liquides; mais il cite particulièrement l'application aux dallages parfaitement résistants à l'air et présentant une économie de 50 à 60 0/0 sur tout autre système.

2° *Béton dur ordinaire.* — Ce béton se compose d'un dixième à un douzième de chaux, sans addition de ciment, d'un dixième de pouzzolane quelconque (terre cuite, cendre de houille) et de sable.

Sa prise moléculaire est moins prompte et moins énergique que celle du béton *très dur;* néanmoins, par la prise de siccité, et surtout par la prise chimique, il acquiert la dureté de la très bonne pierre; il devient aussi imperméable et résiste aussi bien à l'action des intempéries.

Son prix de revient ne dépasse pas dans Paris, tous frais payés, 12 à 15 fr. le mètre cube; mais, en province et dans des localités favorisées, il peut descendre beaucoup plus bas.

Ce béton peut remplacer toute espèce de maçonneries de briques, de pierres meulières et même de pierres de taille de bonne qualité ordinaire. Or, comme la maçonnerie de briques ne coûte pas moins à Paris de 50 à 60 fr., celle de pierre meulière de 35 à 40 fr., et celle de pierre de taille ordinaire de 100 à 120 fr., l'emploi du béton dur ordinaire donnerait sur ces diverses maçonneries une économie de 60 à 80 0/0, tout en présentant l'avantage du monolithisme.

Parmi les diverses applications qu'on peut faire de ce béton, M. Coignet cite : la construction des caves et de leurs voûtes, les plates-bandes cintrées ou horizontales, sans linteaux de fer ou de bois; les fosses d'aisance, les égouts des grandes villes, les murs de soutènement, qu'on peut construire, à résistance *égale*, avec une épaisseur notablement plus faible.

M. COIGNET cite encore les grands travaux d'hydraulique et de viabilité, les culées de pont, les piles, les digues avec parement extérieur en béton très dur.

Ce béton peut aussi être employé avec grand avantage pour les massifs de machines.

3° *Pisé hydraulique.* — Ce pisé hydraulique se compose uniquement de terre argileuse commune et d'un quinzième de chaux. Il devient dur comme de la bonne brique rouge. Ce pisé, qu'on peut même obtenir avec l'argile inférieure qui compose le sous-sol des environs de Paris, résiste d'une manière parfaite à l'eau et à la gelée. Un mur construit avec ce pisé, et exposé depuis trois hivers, sans abri, sans enduit, à toutes les intempéries, n'a éprouvé aucune trace de détérioration.

Le prix de revient est nécessairement fort bas, parce que généralement la terre argileuse se trouve à pied d'œuvre et ne coûte que la peine de l'extraire. Dans les conditions les plus défavorables, le prix de ce pisé hydraulique ne dépasse pas 7 à 8 fr. le mètre cube, et, dans de bonnes conditions, il peut descendre à 4 ou 5 fr.; encore de ces prix faut-il déduire l'économie qui serait faite en employant pour ce pisé les terres provenant du déblayement des caves, c'est-à-dire 2 à 3 fr. par mètre cube. Ce pisé réaliserait donc sur la brique une économie de 70 à 80 0/0 au moins.

Parmi les applications qu'on peut faire de ce pisé, M. Coignet cite : tous les murs en élévation hors du sol, les fermes et bâtiments agricoles, les revêtements de talus de chemins de fer, etc. En outre, il peut avoir un haut intérêt pour la construction des fortifications.

Ces travaux sont construits aujourd'hui en pierres, en briques ou en terre gazonnée. Les remparts de pierre ou de brique éclatent sous le choc du boulet et s'écroulent facilement. Les talus de terre gazonnée sont détériorés par les gelées et présentent des plans inclinés plus faciles à escalader. Des remparts monolithes de pisé hydraulique, sans aucun revêtement, réuniraient les avantages de la pierre, de la brique et de la terre.

Le pisé hydraulique pourrait aussi être employé à élever les digues de sûreté que l'on établit à une certaine distance du lit des fleuves.

M. COIGNET parle ensuite des bétons de sables impalpables, et il désigne

sous le nom de sables impalpables tous les sables de formation marine et qui recouvrent d'immenses espaces, tels que les landes, les déserts, les steppes, et, dans les environs de Paris, les sables de Fontainebleau, Versailles, Montmorency, etc.

La plupart de ces contrées seraient susceptibles de culture, mais l'absence de tous matériaux de construction empêche l'homme de se fixer sur ce sol. M. Coignet a entrepris des essais avec les sables et matériaux qu'on trouve dans les Landes et dans l'isthme de Suez, et il est arrivé à obtenir une maçonnerie aussi dure que le meilleur calcaire tendre de Paris. Ce béton durcit moins vite que le béton de bon sable; néanmoins sa dureté est assez prompte, assez complète, pour satisfaire à toutes les exigences.

Le béton de sables impalpables exige un peu plus de chaux, 1|8 au lieu de 1|12; mais, le sable étant à pied d'œuvre, le prix de revient peut être très faible. On conçoit l'importance d'un pareil béton dans les travaux du percement de l'isthme de Suez.

M. Coignet parle ensuite des *pierres factices* qu'on peut obtenir avec les bétons au prix de 15 fr. le mètre cube. Il en fait ressortir les avantages pour les travaux exécutés à la mer, car jusqu'à présent on connaît peu de chaux capables de résister à son action dissolvante. Il se demande pourquoi certaines chaux, comme la chaux du Theil, par exemple, résistent à l'action de la mer, lorsque d'autres chaux, qui ont absolument la même composition chimique, à 1 ou 2 0/0 d'argile près, ne peuvent résister. Il est disposé à penser que cette différence tient à l'état moléculaire, à la densité, et que, par une bonne manutention, toutes les chaux seraient bonnes, d'autant plus que la dureté des pierres pourrait être considérablement accrue par des lotions de biphosphate de chaux.

M. Coignet fait aussi remarquer qu'en général les travaux de maçonnerie exigent un grand nombre d'ouvriers d'art dont les salaires sont très élevés. Pour accomplir certains travaux projetés, comme le percement de l'isthme de Suez, il faudrait en réunir un nombre immense, et, en supposant que cela fût possible, il faudrait, dans tous les cas, augmenter considérablement les salaires. Par l'emploi des bétons agglomérés, on n'a besoin d'aucun ouvrier d'art; il suffit de quelques hommes intelligents pour conduire les moules et préparer les bétons, et occuper ainsi un grand nombre de travailleurs qui n'auraient que de la force à fournir.

Par la même raison, on conçoit qu'il serait facile d'employer l'armée aux grands travaux d'utilité publique.

Il termine en faisant remarquer de quelle importance seraient les constructions en bétons agglomérés dans les moments de crise et de chômage. Les ouvriers de tous les états pourraient être employés à élever des murs en béton, travail qui n'exige aucun apprentissage, et retourner à leurs ateliers aussitôt que la crise serait passée.

SÉANCE DU 6 MARS 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. FAURE fait une analyse succincte de l'ouvrage de M. Delesse sur les matériaux de construction de l'Exposition universelle de 1855, offert à la Société par M. Ch. Laurent.

Cet ouvrage est un développement du rapport du jury de l'Exposition sur ces matériaux. Il contient des renseignements précieux sur la composition et la provenance des matériaux naturels, leur exploitation et leur usage. Les granits, les ardoises et les marbres ont été surtout l'objet d'une étude spéciale et d'un examen sérieux. Passant ensuite aux matériaux artificiels, l'auteur entre dans des détails précis sur la composition de chacun d'eux, leur fabrication et leur emploi.

Les importants travaux de M. Vicat, qui trouva plus tard dans son fils un collaborateur rempli de zèle, l'émulation développée par ces premiers travaux, ont donné une immense extension à la fabrication et à l'emploi des chaux et mortiers hydrauliques, des ciments, des pouzzolanes : aussi toutes ces matières occupent-elles dans l'ouvrage de M. Delesse toute la place que comporte leur importance. Des détails statistiques et pratiques, de nombreux prix de revient, font de cet ouvrage un conseiller éclairé pour toutes les personnes qui s'occupent de construction.

M. Henri PELIGOT présente à la Société un appareil dit *saturateur*, inventé par M. Lacarrière, et ayant pour but de carburer, pour le rendre plus éclairant, le gaz de houille, et pouvant également servir à rendre lumineuse la flamme du gaz extrait du bois ou du gaz hydrogène pur. Ce résultat est obtenu en faisant passer le gaz à travers une couche d'hydrocarbure liquide, volatil à la température ordinaire. La principale difficulté qui se présentait pour rendre le phénomène constant résidait dans l'abaissement successif du niveau liquide, abaissement résultant de l'évaporation. M. Lacarrière est parvenu à rendre ce niveau constant de la manière suivante : le liquide est placé dans un manchon cylindrique hermétiquement fermé, au centre duquel se trouve un tube montant du haut en bas du manchon. Ce tube, ouvert aux deux extrémités, est le tube d'admission du gaz ; il est enveloppé d'un deuxième tube concentrique, fermé à sa partie supérieure, et invariablement fixé à un flotteur muni d'une douille. Le tube-

enveloppe est percé sur toute sa circonférence d'une rangée de trous, de façon que ces trous se trouvent de 4 à 5 millimètres au-dessous de l'hydrocarbure du manchon. La douille du flotteur est elle-même percée de trous en haut et en bas sur toute sa circonférence. Les trous du bas ne servent qu'à établir le niveau entre le liquide de la douille et celui du manchon. Le gaz, arrivant par le premier tube, est forcé, par suite de la fermeture du tube-enveloppe, de redescendre entre les deux tubes, presse sur le liquide jusqu'à ce qu'il rencontre les trous du tube-enveloppe, à travers lesquels il passe, traverse la colonne d'hydrocarbure de la douille, sort par les trous supérieurs de cette douille, se répand dans la capacité vide du manchon, et s'échappe par un tube abducteur, fixé au centre du couvercle de l'appareil, pour se rendre aux becs, où doit s'effectuer la combustion.

On comprend que l'action du flotteur est telle que, l'appareil une fois monté, le dégagement du gaz et l'entraînement de vapeurs ont lieu régulièrement, quelle que soit d'ailleurs la hauteur du niveau du liquide dans le manchon, et que, par conséquent, le pouvoir éclairant du gaz sera augmenté d'une manière constante.

L'hydrocarbure liquide dont M. Lacarrière s'est servi pour expérimenter l'appareil est la benzine, qui s'extrait par distillation des goudrons de houille. La benzine émet, à la température ordinaire, une très grande quantité de vapeurs, propriété qui la rend éminemment propre à la carburation du gaz.

Les expériences qui ont été faites depuis quatre mois par M. Peligot sur l'appareil qu'il présente, et répétées par MM. Lissajous et Faure, chargés par la Société d'encouragement d'examiner le saturateur, ont donné les résultats suivants : avec le *bec papillon*, la lumière produite par le gaz ordinaire étant 100, celle du gaz carburé variait, à égalité de dépense, entre 195 et 150, suivant la qualité du gaz à carburer, la moyenne étant à peu près 170.

En employant le *bec rond à courant d'air*, lorsque les becs dépensent 120 litres par heure, le rapport du pouvoir éclairant du gaz carburé au gaz ordinaire est 195/000 et 200/100. Si on augmente petit à petit la dépense, le rapport diminue progressivement, et devient 131/100 lorsque les becs consomment 200 litres par heure. A ce moment la flamme commence à fumer. Cette diminution constante dans le rapport des pouvoirs éclairants tient à ce que, lorsque la dépense est grande, la combustion s'effectue moins complétement pour le gaz plus carburé, parce que le courant d'air devient insuffisant. La consommation de 120 litres par heure est, d'ailleurs, la consommation normale.

Quelle que soit la forme du bec, la proportion de benzine entraînée est de 40 grammes par mètre cube de gaz.

La benzine, fabriquée en ce moment presque exclusivement par un pharmacien, est un produit peu industriel. Au prix où elle est vendue, l'avantage qu'on retirerait de l'emploi de l'appareil consisterait en une augmentation de 23 0/0 de lumière, à égalité de *dépense d'argent*.

M. Peligot considère comme presque certain que, dans le cas où un débouché considérable serait ouvert à ce produit, son prix ne dépasserait

pas 1 fr. le kilog., au lieu de 2 fr. 70, qui est le prix actuel ; et alors l'augmentation de lumière, à égalité de dépense d'*argent*, deviendrait de 50 0/0.

L'appareil en lui-même est d'une simplicité très grande et pourrait être livré à très bas prix.

La production du goudron dans la fabrication du gaz d'éclairage à Paris est suffisante pour que l'on puisse en retirer la quantité de benzine nécessaire pour carburer le quart de la consommation totale de gaz et le tiers de la consommation particulière. Le développement que prend en ce moment le chauffage au gaz permet de dire, en outre, que cette proportion augmentera considérablement, le goudron produit en fabriquant le gaz de chauffage devant nécessairement accroître la quantité de benzine que l'on pourra fabriquer pour saturer le gaz d'éclairage.

L'appareil est destiné à fonctionner au domicile même du consommateur ; il doit être placé à la suite du compteur. Si l'on voulait faire parcourir au gaz saturé de trop longues distances, il y aurait presque certainement des condensations. Des expériences faites en présence des délégués de la Société d'encouragement ont, d'ailleurs, prouvé que, dans la longueur d'un parcours ordinaire, il n'y a pas de condensations, et que le pouvoir éclairant ne diminue pas.

M. Peligot indique comment on peut, au moyen d'une modification très simple, rendre l'appareil propre à carburer un nombre plus ou moins grand de becs. Il termine en offrant à la Société, au nom de M. Lacarrière, l'appareil qu'il a déposé sur le bureau.

M. Faure insiste sur les résultats que vient de faire connaître M. Peligot, résultats qu'il a eu occasion de constater, comme l'un des délégués de la Société d'encouragement. Il insiste plus particulièrement sur la disposition prise pour s'assurer que le pouvoir éclairant du gaz carburé restait le même après avoir parcouru une assez grande longueur de tuyaux. Les résultats de ces expériences sont identiques à ceux dont M. Peligot vient d'entretenir la Société.

Un Membre demande si des différences notables de température ne font pas varier le pouvoir éclairant du gaz carburé par le procédé qui vient d'être décrit.

M. Peligot répond qu'il a fait des essais à ce sujet, et que, pour des écarts de température de 28°, le pouvoir éclairant du gaz n'a pas sensiblement varié.

On entre ensuite dans quelques détails sur les progrès de la fabrication de la benzine, et on constate qu'en 1851 on a fait en Angleterre des expériences pour la carburation du gaz au moyen de l'huile de naphte.

M. Nancy fait ensuite l'analyse du mémoire remis à la Société par M. Goschler.

Ce mémoire, qui est la première partie d'une étude sur les chemins de fer en pays de montagne, est consacré à l'examen des chemins de fer suisses. Il traite successivement du tracé, des terrassements, des travaux d'art, de la voie, du matériel fixe, des bâtiments et des stations. Il contient un grand nombre de planches et de précieux renseignements sur les prix de revient.

La seconde partie renfermera l'étude sur l'exploitation des chemins de fer à fortes rampes, les machines et le matériel roulant des chemins de fer suisses. Ce travail paraîtra prochainement dans le bulletin de la Société.

M. COIGNET ajoute quelques développements aux renseignements qu'il avait donnés dans la séance précédente sur l'emploi des bétons moulés. Il insiste particulièrement sur l'importance qu'il attribue à l'agglomération de ses bétons : l'eau ne doit être ajoutée qu'en quantité suffisante pour rendre les molécules fluides ; un excès d'eau retarde la prise des bétons et permet à la gelée de les attaquer ; avec une faible addition de ciment, on obtient une prise plus prompte et une imperméabilité complète.

UN MEMBRE fait observer que la qualité de la chaux joue un rôle important dans la prise des bétons, et il cite les résultats qu'on obtient avec de bonnes chaux hydrauliques en immergeant les bétons dans l'eau.

M. COIGNET dit qu'il attribue moins d'importance à la qualité de la chaux qu'aux précautions qu'il a indiquées pour la fabrication de ses bétons. Il a fait des cuvettes en chaux de Meudon qui gardaient parfaitement l'eau après deux jours de prise.

SÉANCE DU 20 MARS 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. LE PRÉSIDENT, présentant les publications adressées à la Société, appelle son attention sur le dernier *Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, lequel contient une notice de M. Emile Dolfus sur les progrès de la filature et du tissage du coton dans les six départements de l'Est formant le groupe qu'on peut appeler le groupe alsacien, et qui comprend le Haut-Rhin, les Vosges, le Bas-Rhin, la Haute-Saône, le Doubs et la Meurthe. Cette notice renferme des documents statistiques du plus haut intérêt, que M. le Président résume de la manière suivante :

1° Le nombre de broches de filature de coton, qui, en 1828, était de 357,363 (dont les 4/5 dans le Haut-Rhin seul), est, en 1857, de près de 1,500,000. Il a donc *presque triplé* dans l'ensemble du groupe formé par les six départements en question. Mais, chose remarquable, tandis que le nombre des broches n'a fait que *doubler* dans les grandes manufactures du Haut-Rhin, il a *sextuplé* dans les cinq autres départements, où le bon marché de la main-d'œuvre et de la force motrice (chutes d'eau) a multiplié les petits et moyens établissements.

2° Le produit annuel des filatures de l'Est s'est élevé, dans le même laps de temps, de 4 millions et demi de kilogrammes de filés à 20 millions.

3° Le rendement annuel de chaque broche à coton a été porté de 8 kil. à 13; et la vitesse, qui n'était en 1828, que de 3 à 4,000 tours, s'élève aujourd'hui à 6,000.

4° La force motrice appliquée aux filatures en 1828 atteignait à peine 1,200 chevaux; elle dépasse aujourd'hui 8,000 chevaux (dont 5,150 dans le Haut-Rhin seul). En d'autres termes, on faisait marcher en moyenne, il y a trente ans, 474 broches par cheval, tandis qu'aujourd'hui, vu l'adoption des métiers *selfacting* et de la substitution des machines au travail à la main pour les opérations préparatoires, 183 broches seulement incombent à chaque cheval de force motrice.

5° De cette substitution du travail mécanique inanimé au travail de l'homme, on pourrait être disposé à conclure que les machines ont dû porter un coup funeste aux intérêts des ouvriers. Il n'en a heureusement rien été. Non-seulement le développement immense des engins mécaniques automoteurs n'a pas diminué le nombre des travailleurs employé dans la filature du coton; mais, chose bien remarquable, ce nombre s'est élevé à très peu près dans la proportion du nombre des broches. Les salaires n'ont pas baissé; le coton brut n'a diminué, depuis, que dans des proportions insignifiantes. Seule, l'amélioration incessante des procédés de fabrication a fait baisser de 5 fr. 50 à 3 fr. 50 le prix du kilogramme de coton filé, au grand profit des classes pauvres, qui consomment particulièrement ce genre de produit.

Des résultats analogues sont consignés, relativement au tissage, dans la notice de M. Dolfus. Remontant seulement à 1846, on trouve à cette époque, dans les six départements de l'Est, 35,000 métiers à tisser, dont 20,000 mécaniques. En 1857, on compte en nombre rond 44,000 métiers, bien que le nombre des métiers à bras ne soit plus que de 11,000. Les 33,000 métiers mécaniques existant aujourd'hui sont répartis dans 136 établissements, employant 4,900 chevaux de force motrice (soit 7 métiers par cheval, battant de 100 à 120 coups par minute, compris les préparations). Dans cette période de dix années, la production annuelle s'est élevée de 130 millions de mètres valant 60 millions de francs, à 250 millions d'une valeur de 100 millions; et le nombre des ouvriers employés (seulement pour le tissage des produits non teints et en coton pur) s'est accru d'environ 7,000 (1/4 à 1/5). Donc, ici encore, à côté d'un accroissement considérable dans la production et d'une diminution notable dans le prix de revient, on remarque une augmentation satisfaisante dans le nombre des travailleurs; ce qui confirme l'observation précédente sur les effets, si souvent niés par le préjugé et l'ignorance, de l'intervention, de plus en plus dominante, du travail inanimé dans les opérations des manufactures.

M. Nancy analyse sommairement la note de M. Cornet, membre de la Société, sur les chemins de fer belges et sur la voie prussienne de Verviers à Cologne, qui sera renvoyée au Bulletin.

Après avoir décrit les clôtures de la voie et les gares, qui sont d'ailleurs représentées par un grand nombre de croquis, M. Cornet passe en revue

les croisements de voie, dont le système est très simple et exclut d'ordinaire les triples embranchements; puis les plaques tournantes en fonte, qui sont en général à une seule voie, à moins qu'elles ne soient, par une rare exception, placées sur les voies principales, auquel cas elles sont en tôle, comme en France. Les chariots propres à transporter les wagons d'une voie sur une autre, dans les remises et dépôts, sont aussi d'une grande simplicité. Les grues hydrauliques ont comme particularité de débiter l'eau d'alimentation des tenders avec une abondance inusitée jusqu'ici, par un orifice ayant 20 centimètres de diamètre intérieur.

Quant à la voie prussienne, éclissée aujourd'hui complétement, M. Cornet a constaté qu'elle est très douce et presque exempte de chocs aux bouts de rails.

M. LE PRÉSIDENT invite ensuite M. de Pury, membre de la Société, revenant de parcourir les chemins de fer autrichiens, à donner quelques détails sur la construction de la ligne du Semmering.

M. DE PURY soumet à la Société un album contenant la carte, le profil, la vue pittoresque de la ligne, avec ses travaux d'art, et une notice tant sur la voie du Semmering que sur les chemins autrichiens en général. M. de Pury l'analyse ainsi qu'il suit :

Le chemin de fer du Semmering fait partie de la ligne du Sud de l'empire d'Autriche qui, lorsqu'elle sera terminée, reliera Trieste et la mer Adriatique à la capitale de l'empire. L'histoire de ce chemin de fer est semblable à celle de toutes les autres grandes lignes d'Autriche, et donnera une idée du développement qu'a suivi l'industrie des chemins de fer dans ce pays.

Le chemin de fer du Sud de l'empire d'Autriche se compose de quatre tronçons bien distincts :

1° Le chemin de fer de Vienne à Gloggnitz,

2° Le chemin de fer du Semmering entre Gloggnitz et Murzzuschlag,

3° Celui de Murzzuschlag à Leybach,

4° Enfin celui de Leybach à Trieste.

C'est en 1838 que le chemin de fer de Vienne à Gloggnitz fut concédé à une Compagnie : les travaux furent commencés en 1839, et au mois de mai 1842 il fut livré à la circulation dans toute son étendue. Sa longueur est de 75 kilomètres.

Ce fut pendant la même année 1842 que l'Etat fit faire les premières études pour prolonger ce chemin de fer à travers le Semmering, mais les travaux ne furent commencés qu'en 1848 et terminés en mai 1854.

Pendant qu'on faisait des études pour le passage du Semmering, on travaillait activement au prolongement de cette voie ferrée du côté du sud.

En 1844, en 1846 et en 1849, les trois tronçons successifs de la ligne de Murzzuschlag à Leybach furent livrés à la circulation sur une longueur totale de 322 kilomètres.

Il ne reste plus, pour compléter cette ligne importante, que les 144 kilomètres qui séparent Leybach de Trieste, auxquels on travaille activement, et qui seront prochainement livrés à la circulation.

Lorsqu'il sera terminé, le chemin de fer du Sud aura une longueur de

439 kilomètres, et aura coûté environ 164 millions de francs, soit 373,500 fr. par kilomètre.

Ce prix très élevé s'explique naturellement par les difficultés considérables réunies sur les 41 kilomètres qui forment le passage du Semmering.

Le Semmering est l'un des rameaux des Alpes noriques : son col le plus bas, que traverse la route impériale, construite une dizaine d'années avant le chemin de fer, s'élève à 990 mètres au-dessus du niveau de la mer Adriatique. — La gare de Gloggnitz, point de départ du chemin de fer du côté de Vienne, est à une altitude de 412 mètres, tandis que celle de Murzzuschlag est à 653 mètres. Il y a donc 578 mètres à monter de Gloggnitz au sommet de la montagne, pour descendre ensuite 337 mètres. Cette excessive différence de niveau a été réduite au moyen d'un souterrain de 1,428 mètres de longueur, creusé à 116 mètres au-dessous du sommet de la montagne. La distance en ligne directe entre Gloggnitz et l'entrée du souterrain est d'environ 12 kilomètres, mais l'existence de deux vallées latérales a permis de développer considérablement le tracé.

La rampe de Gloggnitz au point culminant, dans l'intérieur du grand souterrain, a une longueur de. . . . . 29,025^{m}.50

La pente, de ce point jusqu'à Murzzuschlag. . . . . 12,003^{m}.75

Longueur totale. . . . . 41,029^{m}.25

Ce qui précède fait déjà supposer que ce chemin de fer doit avoir des pentes bien plus fortes que celles que l'on donne ordinairement aux constructions de cette nature : en effet, sauf quatre paliers mesurant ensemble 1,625 mètres, toute la partie du tracé qui s'étend de Gloggnitz au grand souterrain est en rampe dont l'inclinaison varie de 2^{mm}.5 à 25 millimètres par mètre ; ainsi on y trouve :

Rampes.	Longueur totale.	Inclinaison.
8	8,369	25 millimèt.
5	5,234	22^{mm}.2
4	1,715	16^{mm}.6
5	2,313	10 millimèt.

Sur le versant sud les pentes sont un peu moins fortes ; le maximum de 24^{mm}.1 s'y trouve seulement sur 639 mètres de longueur. La pente de 22^{mm}.2 a une longueur de 2,611 mètres, et celle de 21^{mm}.2 une longueur de 2,613 mètres.

Dans les pays de montagne il est souvent impossible de tracer de longs alignements droits. Le chemin de fer du Semmering, plus que tout autre, se trouve dans ce cas, surtout dans la partie du tracé qui s'étend entre Gloggnitz et le sommet de la montagne. Toutefois, sur la longueur totale de 41,029^{m}.25 on trouve 103 alignements droits qui ont ensemble une longueur de 20,615^{m}.60, soit un peu plus de la moitié de la longueur du chemin ; les 20,413^{m}.65 qui restent sont divisés en 109 courbes dont les rayons varient de 189^{m}.66 à 3,034^{m}.65 ; mais les courbes à petits rayons sont de beaucoup les plus nombreuses : ainsi 30 courbes de 189^{m}.66 de

rayon ont un développement de 7,172 mètres; 38 courbes de 284m.50 de rayon forment une longueur de 6,604m.90, et 17 courbes de 379m.33 ont une longueur de 2,448m.80.

Voilà donc un développement de 16,225m.70 divisé en 87 courbes à petits rayons, tandis qu'il n'y a que 11 courbes sur une longueur de 1,560 mètres dont les rayons dépassent 500 mètres, et seulement 2 courbes dont les rayons dépassent 1,000 mètres.

Les terrains accidentés des montagnes nécessitent des travaux d'art toujours plus considérables que dans les plaines, et le Semmering présente la collection la plus complète dans ce genre qui soit en Europe, puisque, sur les 29 kilomètres qui s'étendent entre Gloggnitz et le haut de la montagne, il y a 12 viaducs ayant ensemble une longueur de. 1,268m.80
et 15 souterrains sur une longueur de. 4,275m.20
Les travaux d'art occupent donc. . . . . 5,544 mèt.
courants, soit plus du sixième de la longueur totale du parcours. Il y a encore 4 viaducs un peu considérables sur le versant sud du Semmering, en sorte que le nombre total de ces travaux sur toute la ligne est de 16.

Des douze viaducs qui se trouvent sur la première partie du chemin, deux seulement sont sur des parties rectilignes du tracé; huit, ayant ensemble une longueur de 817m.80, font partie de courbes de 189m.66 de rayon, et les deux derniers sont tracés avec un rayon de 284m.50. Tous sont sur des rampes plus ou moins fortes, et cinq de ceux dont la courbure est la plus forte ont une inclinaison de 22mm.2.

Le plus long viaduc de toute la ligne est le premier que l'on rencontre après être sorti de Gloggnitz : il a 227m.60 de longueur et fait partie d'une courbe dont le rayon est de 284m.50; sa hauteur maximum au-dessus du fond de la vallée est de 24m.65. Il se compose de treize arches en plein cintre; huit, dont quatre à chaque extrémité, ont une ouverture de 9m.90. Les cinq arches du milieu sont beaucoup plus grandes, et ont 19m.90.

Le viaduc le plus élevé est le dixième que l'on trouve en montant : il a 184 mètres de longueur et fait partie d'une courbe de 189m.66 de rayon. Sa hauteur au-dessus de la vallée est de 45m.67. Ici, comme dans plusieurs autres cas analogues, dont trois autres exemples se trouvent sur cette ligne, on a construit deux étages de voûtes. L'étage inférieur est composé de cinq arches en arc de cercle de 12m.65 d'ouverture et de 21 mètres de hauteur; l'étage supérieur est composé de 10 arches en plein cintre de 14m.55 d'ouverture et de 24m.67 de hauteur.

Dans tous les viaducs courbes les voûtes sont cylindriques, et la courbure du viaduc est produite par l'épaississement des piles du côté extérieur. Tous ces viaducs sont construits en briques; les angles, parapets et cordons sont en pierres de taille.

Quinze souterrains se trouvent sur la partie du parcours qui s'étend entre Gloggnitz et le point culminant : leur longueur réunie est de 4,275m.25, soit le 1/7e de la longueur de cette partie de la ligne.

Le plus long souterrain traverse le sommet de la montagne : il est en ligne droite et a 1,428m.35 de longueur et une inclinaison de 3mm.3. Sa construction a présenté de grandes difficultés par suite de la quantité

considérable d'eau qu'on y a rencontrée et des éboulements provenant de la mauvaise qualité du terrain. Il est entièrement revêtu en briques, et, dans les parties où le terrain est peu solide, il y a un radier concave destiné à empêcher le rapprochement des pieds-droits.

Le souterrain le plus remarquable est le huitième en montant depuis Gloggnitz : il a une longueur de 689^{m}.85 et est formé de la réunion de trois souterrains creusés dans le roc par deux galeries construites au-dessus de la voie et destinées à recevoir les éboulements des terrains supérieurs. Dans cette partie du chemin de fer la pente varie de 20 à 25 millimètres par mètre. Le souterrain du milieu est tracé en ligne droite; mais les deux extrêmes sont en courbe avec des rayons de 189^{m}.66 pour l'un et 265 mètres pour l'autre; ils sont revêtus en brique sur la presque totalité de leur longueur. Le projet primitif prévoyait à cet endroit la voie à ciel ouvert, moitié en déblais, moitié en remblais, avec murs de soutenement; mais, des éboulements survenus au commencement de l'exécution des travaux ayant causé des inquiétudes sur la solidité de la roche schisteuse, on a modifié le tracé autant qu'il était nécessaire pour éviter les chances dangereuses en remplaçant par un souterrain le tracé à ciel ouvert.

Ce chemin de fer est à deux voies sur toute son étendue : la fondation de chaque voie est formée de deux files de longrines en mélèze, sur lesquelles reposent des traverses du même bois espacées de 0^{m}.95 d'axe en axe. Les rails Vignole pèsent 43 kilogr. par mètre courant. Dans les courbes à petits rayons, le rail extérieur est élevé de 10 à 12 centimètres au-dessus du rail intérieur, pour résister à la force centrifuge : aussi, depuis près de trois ans que ce chemin de chemin de fer est exploité, je n'ai pas entendu dire qu'il y soit arrivé d'accident.

Il n'existe pas en Europe une aussi grande accumulation de grands travaux d'art réunis sur un parcours aussi court : c'est ce qui, avec la forte inclinaison des rampes et des pentes et le peu de longueur des rayons de courbure, fait que le chemin de fer du Semmering est à la fois le plus intéressant et le plus hardi de ceux qui sont maintenant exploités en Europe.

Un Membre rappelle qu'à l'époque du premier emploi des locomotives sur le Semmering, on a vu généralement avec inquiétude, pour la conservation de la voie, la charge considérable qui pesait sur les roues de ces machines; il demande si ces inquiétudes se sont réalisées, et comment on prévient en hiver les amoncellements de neige, qui semblent devoir être fréquents dans les gorges qui traversent la voie.

M. de Pury répond que tout ce qu'il peut dire est qu'il a parcouru à pied la voie, et qu'elle lui a paru en très bon état de conservation. Il ajoute qu'il a été en même temps frappé de la parfaite siccité des tunnels, où pas un seul suintement n'a pu être constaté. Quant aux amoncellements de neige, il n'y a eu que des retards de deux heures au plus dans la marche des trains, dont tous les incidents étaient d'ailleurs signalés au moyen du télégraphe électrique, et par de fréquentes communications de station à station.

L'ordre du jour appelle ensuite une communication de M. Charles Lau-

rent sur les appareils qu'il emploie avec M. Degousée dans les sondages de mines et de puits artésiens. Ces appareils ne sont pas nouveaux, mais M. Laurent n'a pas voulu les décrire à la Société avant qu'une longue pratique ait consacré leur utilité. Les variations nombreuses des terrains traversés, ainsi que les accidents qui surviennent dans le forage, font nécessairement varier aussi, sans règle fixe, les instruments à employer. M. Laurent étale sur le bureau de la Société le spécimen en réduction de tout l'outillage du sondeur, et il décrit spécialement l'appareil mécanique à manœuvrer sans bruit la sonde, ainsi qu'un *trépan à chute libre* et indépendante de la tige de sonde, laquelle n'a plus qu'à relever l'outil travailleur, sans participer aux chocs et vibrations qui altéraient autrefois rapidement la nature du métal et occasionnaient tant de ruptures.

La forme du trépan varie d'ailleurs, comme par le passé, suivant la couche à entamer; mais, qu'il s'agisse de foncer un simple trou ou un anneau entourant un bloc cylindrique qu'on détache ensuite de sa base par un outil spécial, le principe de la chute libre reste toujours dans l'instrument.

A l'aide de cet outillage perfectionné, MM. Dégousée et Laurent exécutent, relativement à peu de frais et en peu de temps, les plus profonds sondages. Celui qu'ils viennent de pousser jusqu'à 356 mètres, à Digoin, dans des couches de grès bigarré de dureté moyenne, a coûté, tous frais compris, 48,000 fr. Un autre forage fait entièrement avec la sonde à chute libre, à Saint-Léger, près Décise, dans des circonstances difficiles, jusqu'à 387 mètres, et avec des interruptions forcées à diverses reprises, a coûté, tubage et autre frais compris, 40,000 fr. : assertions faciles à vérifier, puisque les travaux en question ont été exécutés pour le compte ou à la vue de divers membres de la Société. Comme preuve de la régularité avec laquelle le trépan à chute libre opère, M. Laurent présente un cylindre de grès, long de 70 centimètres sur 16 de diamètre, coupé à 350 mètres de fond, et qui semblerait avoir été alésé sur le tour.

M. Laurent appelle ensuite l'attention sur la nécessité où est tout explorateur commençant un sondage de faire largement la part de l'inconnu, et de donner au début un assez grand diamètre au trou de sonde, afin qu'on puisse forer encore sur un diamètre d'environ 16 centimètres bien au delà de la profondeur déterminée *a priori;* sinon le trépan à chute libre ne peut plus opérer ni conserver une solidité suffisante, et le sondeur est réduit aux expédients pour achever son œuvre.

M. le Président remercie M. Laurent de sa communication, et annonce que sa note sera insérée, avec les croquis, dans nos comptes rendus. Il demande ensuite à M. Laurent s'il peut donner à la Société quelques détails sur le forage du puits artésien de grand diamètre que M. Kind exécute à Passy.

M. Degousée dit que le forage, arrivé actuellement à 316 mètres, est arrêté en ce moment par un accident passager, et qu'il reste probablement une soixantaine de mètres à percer pour arriver à la nappe d'eau.

Une discussion s'engage entre divers membres sur le diamètre à donner au trou de sonde. MM. Degousée et Laurent disent que le diamètre inusité donné au sondage de Passy offre de précieuses ressources pour reprendre

les outils brisés à retirer ; mais c'est une erreur de croire que le débit d'eau sera toujours proportionnel à l'orifice. Si la nappe d'eau sous Passy est très considérable, il se peut qu'en sortant d'une colonne d'aussi gros diamètre (8m.60), elle possède encore une grande force d'ascencion ; mais la pratique a souvent prouvé qu'en augmentant le diamètre d'un puits artésien, on ralentissait la vitesse de l'eau et qu'on n'augmentait pas son débit. Entre le grand diamètre du puits de Passy et la petite section des premiers puits, il y a une limite éminemment convenable aux nécessités du travail comme aux conditions économiques, et M. Degousée ne croit pas qu'elle s'écarte beaucoup du diamètre de 0m.16 à 0m.20, que la majorité des sondeurs paraît adopter.

Un Membre demande s'il n'y a pas lieu de craindre que l'ouverture du puits de Passy ne diminue le débit du puits de Grenelle.

M. Degousée répond que de pareils accidents sont en effet à craindre pour des puits artésiens voisins, et qu'à Tours, notamment, un puits qui fournissait 300 litres par minute à l'origine n'en donne plus que 20 depuis l'exécution d'un autre sondage opéré à 2 kilomètres de là, dans la même couche, et donnant 2,500 litres. L'éloignement des deux forages de Grenelle et Passy fait espérer que l'un ne nuira pas sensiblement à l'autre ; mais il est d'expérience, ajoute M. Degousée, que cette influence mutuelle ne se produit guère qu'au bout de deux ans.

Divers Membres citent des faits analogues, desquels il résulte que des puits voisins ont opéré l'un sur l'autre, même dans un court délai, une influence très sensible.

SÉANCE DU 3 AVRIL 1857.

Présidence de M. Ch. Callon.

M. Roy, membre de la Société, présente un nouveau modèle de locomotives et de wagons pour les chemins à petites courbes. Le principe essentiel de ce nouveau projet de matériel pour les lignes ferrées consiste en ce que les glissières des plaques de garde sont inclinées de manière à permettre aux roues de se déplacer, relativement au châssis du véhicule, et de rester normalement aux rails, quel que soit le rayon de la courbe. Aux paires de bielles extérieures pour la connexion des roues M. Roy substitue une bielle unique placée dans l'axe de l'appareil, et reliant les roues couplées sous la machine, leurs essieux étant coudés en leur milieu.

Dans les wagons, M. Roy fait les essieux en deux pièces emmanchées l'une dans l'autre, de façon que dans les courbes chaque roue puisse avoir son roulement indépendant. M. Roy présente sur le bureau le modèle au dixième de sa machine et de son wagon, ainsi qu'une de ses boîtes à graisse avec glissière inclinée, prête à être mise en place.

M. Nozo, chargé de rendre compte à la Société de la publication intitulée *Portefeuille John Cockerill*, lit le rapport suivant : Ce *Portefeuille* paraît par livraisons; il est aujourd'hui à sa 26e livraison; janvier et février 1857 viennent de paraître. La première livraison est relative à la locomotive du Semmering, dont les dessins ont figuré à notre grande Exposition universelle.

On se rappelle sans doute les immenses difficultés qu'avait à vaincre le chemin de fer de Vienne à Trieste pour franchir les alpes Noriques par par le mont Semmering, le concours *universel* ouvert à Vienne pendant la construction du chemin, pour la fourniture de locomotives propres à son exploitation, et les résultats incomplets de ce concours.

La locomotive publiée par le *Portefeuille*, et qui fait aujourd'hui le service régulier sur la section du Semmering, ne fut construite qu'après le concours de Vienne. Elle est due aux lumières et à l'expérience de l'habile ingénieur allemand M. Engerth.

Pour rappeler sans doute la belle part de collaboration fournie par le directeur et les ingénieurs de Seraing dans la réalisation des idées de M. Engerth, l'éditeur dit qu'après les résultats incomplets du concours, « des études furent immédiatement commencées dans les établissements « de la Société John Cockerill, sous l'inspiration de M. Guillaume En« gerth, conseiller impérial, directeur de la division de mécanique des « chemins de fer de l'empire d'Autriche, et avec le concours de M. Kesler, « directeur de l'établissement d'Esslingen, et de ses ingénieurs, chacune « des parties apportant à ce travail final et décisif le tribut de son expé« rience et de ses lumières ».

Les succès de la locomotive de M. Engerth, construite d'abord au point de vue exclusif de l'exploitation du Semmering, furent tels qu'elle devint bientôt, en la modifiant quelque peu dans son principe, une locomotive excessivement puissante propre à l'exploitation des chemins tracés en pays de plaines.

Sans entrer dans tous les détails de construction de la locomotive Engerth, M. Nozo rappelle qu'elle comprend comme nouveauté les trois points suivants :

1° Connexion *intime* de la machine et du tender;

2° Articulation de deux bâtis en avant du foyer, ce qui permet de porter ce dernier sur le train articulé d'arrière en déchargeant d'autant le train d'avant;

3° Accouplement des essieux du train d'arrière avec ceux du train d'avant au moyen d'un triple engrenage. Par conséquent, possibilité de faire servir à l'adhérence toutes les roues de la machine et du tender.

Si l'engrenage paraît être une solution suffisamment pratique pour des tronçons analogues au passage du Semmering, où le service est spécial,

et par conséquent où le matériel peut toujours être activement surveillé et parfaitement entretenu, il ne paraît plus en être de même pour des locomotives qui auraient à faire de très grands parcours dans les conditions ordinaires de la traction. Dans ce dernier cas, en effet, et surtout si l'accouplement est nécessaire dans la plus grande partie de l'année, l'engrenage perd considérablement de son mérite : c'est au point même que toutes les locomotives puissantes à marchandises, système Engerth, fonctionnant sur les chemins français du Nord, de l'Est et du Midi, sont construites sans engrenage.

En dehors des locomotives spéciales du Semmering, il n'y a quant à présent que les dix locomotives des lignes Nord-Belges qui soient construites avec engrenages et sur le type *Duc-de-Brabant* de l'Exposition universelle.

Le texte du *Portefeuille* donne toutes les conditions d'établissement des locomotives du Semmering, ainsi que les résultats des expériences de traction faites tant sur le plan incliné de Liége que sur le Semmering même.

Après la publication de la locomotive du Semmering vient celle d'une machine de bateau de 150 chevaux, montée sur le steamer *L'Ariane* faisant le service des voyageurs entre Cologne et Mayence.

Sur le Rhin, comme cela a lieu à peu près partout, chaque nouveau service qui s'établit, tout en rivalisant de confort et d'élégance avec les services existants, s'efforce avant tout d'offrir aux voyageurs les avantages d'une plus grande vitesse.

Entre Cologne et Mayence surtout, la lutte engagée sous le rapport de la vitesse est une lutte à outrance : pour gagner seulement quelques minutes sur le trajet, une Compagnie nouvelle ne recule devant aucun sacrifice.

C'est principalement à ce dernier point de vue qu'il faut envisager les machines de *L'Ariane*, construites par les établissements de Seraing. On comprendra dès lors aisément que le choix du système était la question la plus délicate du programme. Les machines dites de Penn ont paru aux ingénieurs de Seraing offrir un trop grand poids, un trop grand encombrement de pièces et d'assez grandes difficultés pour répartir convenablement les poids et éviter toutes chances de dislocation, surtout avec des coques plates aussi légères que celles des bateaux du Rhin. Dès lors on eut recours aux cylindres inclinés à 45°, en employant exclusivement le fer forgé pour la construction du bâti, et reportant les efforts sur la coque au moyen d'une combinaison de carlingues dans le bas et de poutres en tôle dans le haut, qui donne toutes garanties.

Les cylindres à 45° pour bateaux de rivière offrent encore, suivant les ingénieurs de Seraing, le précieux mérite de moins élever l'arbre des roues à pales, par conséquent de maintenir le centre de gravité aussi bas que possible, et de faciliter davantage la circulation sur le pont.

Le bâti, étudié avec soin, paraît fort heureusement combiné. « Il « forme, dit le *Portefeuille*, un tout tellement solidaire et homogène, les « formes des pièces et leurs dispositions sont tellement en rapport avec la

« direction des résultantes des forces diverses, qu'aucune réaction n'a « jusqu'à présent fatigué ou affaibli les membrures du bateau. »

Les pièces qui entrent dans la composition des bâtis indiquent une assez grande puissance dans les moyens de forgeage. L'arbre en deux pièces qui porte les roues à pales présente cette particularité, qu'il est creux sur toute la longueur qui va de la manivelle du condenseur à l'extrémité de calage des roues.

Les tiroirs de distribution, d'ailleurs équilibrés comme poids, sont construits de façon à faire disparaître les effets de la pression de la vapeur sur leurs tables, et à rendre, par conséquent, le changement de marche aussi facile et aussi prompt que possible; conditions indispensables pour des bateaux de rivière à grande vitesse.

La disposition employée consiste à faire venir de fonte sur le dessus du tiroir une gorge circulaire parfaitement alésée; à placer dans cette gorge des segments semblables à ceux des pistons métalliques, et à pousser la face plane de ces segments contre le couvercle de la boîte à vapeur, au moyen de ressorts placés dans le fond de la gorge.

Tant que le montage relatif des pièces ne s'altère pas d'une manière trop sensible, par l'usure ou l'inégalité de tension des ressorts, il est certain que l'on doit obtenir l'effet cherché.

Les roues sont à pales mobiles.

Les chaudières sont du système tubulaire; la grille est inclinée et a toute la longueur de la chaudière. Les tubes sont au-dessus du ciel du foyer, et, par conséquent, avec disposition à retour de flamme.

Après les machines de *L'Ariane*, le *Portefeuille* donne les dessins et description des machines conjuguées à deux couples de cylindres, système Wolff, haute pression, détente et condensation de la force collective de 50 chevaux, pour moteurs d'ateliers et usines.

Les préoccupations qui ont dirigé les ingénieurs de Seraing dans l'étude des machines conjuguées paraissent avoir été :

1° Arriver à un prix de revient moins élevé que celui des machines à balancier;

2° Diminuer l'importance des fondations et des bâtiments en isolant complétement la machine des murs;

3° Régulariser la vitesse autant que possible, sans recourir au balancier;

4° Permettre de faire fonctionner au moins la moitié de l'usine quand une avarie survient à l'une des machines.

La disposition adoptée consiste à placer les cylindres en l'air et l'arbre moteur près du sol. Chaque couple de cylindres est portée sur un bâti spécial, fortement boulonné aux fondations. Les deux bâtis sont reliés ensemble : dans le bas, par la maçonnerie seulement; dans le haut, par une forte entretoise assemblée aux plates-formes des bâtis qui reçoivent les cylindres.

Avec cette liaison incomplète des deux bâtis, il est certain qu'on doit compter sur une résistance parfaitement uniforme dans le massif des fondations.

L'arbre moteur est commun aux deux machines; il est porté sur deux paliers venus de fonte avec les cadres inférieurs de chacun des bâtis.

Il n'y a qu'un seul régulateur pour les deux machines, mais chacune d'elles porte sa double distribution et son système de condensation.

La vapeur, qui vient de la chaudière pour se rendre aux tiroirs de distribution, traverse les doubles enveloppes des deux cylindres de manière à les réchauffer aussi bien que possible, surtout le grand cylindre soumis à l'influence réfrigérante du condenseur.

En résumé, s'il est vrai que les machines conjuguées offrent les avantages que les ingénieurs de Seraing y rattachent; on peut dire aussi que pour des puissances de 50 chevaux, alors qu'on emploie quatre cylindres, quatre distributions et deux condenseurs, on arrive à une si grande complication qu'elle doit atténuer sensiblement l'importance des avantages.

Après les machines conjuguées viennent les belles machines d'épuisement des mines de Bleyberg.

Ces machines sont à moyenne pression, détente et condensation de la force de 250 chevaux. Elles sont du système dit de Cournouailles, mais avec une détente poussée moins loin, dans le but de diminuer le poids des appareils, et, par conséquent, le prix de la machine. On a également fait usage de générateurs à bouilleurs au lieu de générateurs à foyer intérieur, comme aux Cornouailles.

Les ingénieurs de Seraing ont pensé que l'intérêt du plus grand capital engagé, pour rentrer complétement dans les conditions des machines de Cornouailles, joint aux frais d'entretien, dépasserait l'économie retirée d'un accroissement de détente et de l'emploi de générateurs plus délicats que les générateurs ordinaires.

Aujourd'hui que de nombreux perfectionnements ont été introduits, tant dans la construction des machines que dans les travaux de chaudronnerie, il est à penser que l'établissement de Seraing pousserait la détente plus loin qu'il n'a osé le faire lors de l'établissement des machines de Bleyberg, et qu'il emploierait les générateurs à foyer intérieur, peut-être même les générateurs tubulaires; cela semble, du reste, assez clairement exprimé dans la description. La consommation des machines de Bleyberg, qui est d'au moins 1k.5, descendrait certainement au-dessous de 1 kilog., avec les améliorations indiquées, et produirait, par an, une économie approximative de 27,000 fr. pour une seule machine.

Comme système de machine d'épuisement, les ingénieurs ont reculé devant l'emploi de machines à action directe, principalement à cause du peu de solidité des terrains dans lesquels est percé le puits; ils ont préféré les machines à balancier, qui offrent le précieux avantage de pouvoir donner à la maîtresse tige des pompes une vitesse différente de celle du piston à vapeur, de reporter les efforts sur les fondations aussi loin que possible, de ne pas obstruer son orifice, et enfin d'éviter la condensation en enfermant la machine dans un bâtiment.

Le niveau inférieur de l'eau à épuiser est à 97 mètres de la galerie d'écoulement; la hauteur est divisée en trois étages, dont deux à pompes

refoulantes de 37 mètres chacun, et un de 27 mètres en moyenne à pompes aspirante et élévatoire.

Le *Portefeuille* entre dans tous les détails d'établissement dynamique et mécanique des machines, calculs de l'effet utile, comparaison de l'effet théorique à l'effet pratique.

Ici doit se borner nécessairement l'analyse du *Portefeuille John Cockerill*, que M. Nozo s'était chargé de présenter à la Société ; et, quoiqu'il y ait un assez grand nombre de planches en avance sur le texte, il faut attendre la publication de ce texte avant de reprendre ce compte rendu.

Voici, en tout cas, la nomenclature des appareils auxquels se rapportent les planches publiées :

Machine à bâti pyramidal et bielles en retour de la Monnaie de Bruxelles;

Machine à haute pression, détente sans condensation, de la force de 16 chevaux ;

Machine soufflante à haute pression, de la force de 80 chevaux ;

Tour à forer et à tourner les canons ;

Locomotive *Duc-de-Brabant*, envoyée par la Société Cockerill à l'Exposition universelle de Paris ;

Trains de laminoirs à tôles ;

Machine de bateau pour navigation transatlantique ;

Locomotives conjuguées faisant le service sur les plans inclinés de Giori (chemin de fer de Gênes à Turin) ;

Machine à polir les glaces ;

Machine soufflante à balancier d'Evans, de 80 chevaux ;

Pont à treillis sur la Meuse, à Maestricht (chemin de fer d'Aix-la-Chapelle à Maestricht).

En terminant son rapport, M. Nozo adresse ses félicitations à M. Pastor, directeur de Seraing, ainsi qu'à M. Brialmont, ingénieur en chef des constructions, pour la part qu'ils ont prise à cette intéressante publication ; et il fait remarquer que, sans s'arrêter à la difficulté d'accompagner les planches d'un texte, M. Noblet a publié un grand nombre de machines intéressantes, que la simple inspection des figures laisse suffisamment étudier.

M. Trélat rend compte de l'examen qu'il a fait des numéros de la *Revue de l'architecture* qui lui ont été envoyés. Un article de M. Sirodot sur l'assainissement de Paris lui paraît mériter par son objet toute l'attention de la Société.

On compte dans la capitale 31,500 maisons, fournissant un volume considérable d'eau ménagère ; 60,000 fosses d'aisance, d'où il faut extraire annuellement 354,000 m. c. de matières ; enfin 423 kilomètres de rues, dont il faut enlever les boues ou immondices et écouler les eaux des ruisseaux dans des égouts, dont le système est loin d'être complet, puisque 163 kilomètres de rues seulement en sont pourvus.

M. Sirodot, dans son article, analyse ensuite les trois principaux projets présentés dans ces derniers temps, savoir :

1° Le système bien connu de la préfecture de police, dit système séparateur, faisant l'objet d'une ordonnance récente déjà rapportée ;

2° Le projet municipal du préfet de la Seine, déjà pratiqué rue de Rivoli, et dans lequel les eaux de pluie, des ménages et des fosses s'écoulent dans les égouts par des galeries qui tiennent aux maisons, système, dit M. Trélat, coûteux pour la ville et les particuliers, et infectant en certains cas les maisons riveraines de l'égout;

3° Le projet de M. Baude-Moulin, qui remplace les ruisseaux par des galeries couvertes sous les trottoirs, sorte de drains de 30 centimètres de diamètre, faits en ciment, inclinés de 3 à 4 centimètres par mètre, et recevant toutes les eaux de la voie et des maisons.

M. TRÉLAT indique les motifs de préférence, la facilité de réalisation pratique et l'exécution économique de ce dernier projet, qu'il a pu étudier sous toutes ses formes et dans tous ses détails, ayant lui-même rédigé un projet analogue, moins étendu que celui de M. Baude-Moulin, et dans lequel, laissant aux ruisseaux l'eau de la chaussée et la boue, il se bornait à établir au pied des maisons un véritable drainage ordinaire en poterie pour recevoir leurs eaux ménagères, aussi bien que le liquide des fosses, pompé par les concierges de temps en temps. Pour arrêter les matières solides susceptibles d'engorger les tuyaux, le projet de M. Trélat établissait sous le seuil de la porte cochère de chaque maison un panier à mailles serrées, sorte de séparateur, laissant filtrer les matières liquides seules.

Enfin, pour laver les drains, le système se servait des eaux de pluie, en attendant qu'on pût employer celles qui seront un jour mises à la disposition des particuliers par des concessions qui les amèneront jusqu'au dernier étage.

UN MEMBRE remarque que, dans le projet présenté à l'encontre du projet municipal, on ne fait entrer aucune dépense pour l'élévation du liquide, de la fosse au drain, tandis que dans le projet attaqué toutes dépenses sont comprises.

M. TRÉLAT répond que la quantité d'eau à conduire aux drains n'excéderait pas 10 litres par jour et par personne; les concierges pourraient aisément, sous l'inspection des propriétaires, opérer l'épuisement voulu de temps en temps dans la journée; que le point important était d'empêcher l'engorgement des drains, but qu'on espère avec les *petits diviseurs* proposés, et qu'en somme, le projet réalisera un assainissement analogue à celui du projet municipal par des moyens plus simples, plus pratiques, et certainement moins coûteux.

UN MEMBRE demande pourquoi on n'utilise pas tout simplement, pour laver les drains, l'eau des bornes-fontaines, si multipliées dans tous les quartiers.

M. TRÉLAT répond qu'un simple courant d'eau ne suffirait pas pour dégorger les drains, si l'on n'avait pas soin d'arrêter les matières solides, notamment le grès des éviers, qui, mêlé aux eaux grasses, forme un mastic d'une grande consistance; que, d'ailleurs, les bornes-fontaines ne débitent que l'eau nécessaire au lavage des ruisseaux et de la chaussée, surtout dans les rues macadamisées.

M. DE MASTAING analyse l'ouvrage de M. Bontigny, d'Evreux, sur les corps à l'état sphéroïdal.

Cet ouvrage traite des phénomènes que présentent les liquides projetés à la surface des corps, dans des conditions de température telles que le corps ait perdu la faculté d'être mouillé par le liquide. Il est divisé en trois parties : physique, chimie, théorie.

Physique. — Le fait qui frappe d'abord, c'est la forme sphérique ou sphérique aplatie que prennent alors les gouttes du liquide ; on remarque aussi la lenteur d'évaporation de ces sphéroïdes, leur mobilité incessante. En s'aidant du thermomètre, on remarque que leur température est inférieure à celle du point d'ébullition du liquide dont ils sont formés, que celle de leur vapeur est très élevée et se rapproche plutôt de la température de la capsule dans laquelle on opère. On a remarqué que la vitesse d'évaporation augmente avec la température de la capsule, mais que cette vitesse, dans une capsule à 200°, est cinquante fois moins grande qu'elle ne le serait si l'ébullition avait lieu par le contact du liquide avec le vase ; on voit aussi que la plus grande partie de la chaleur rayonnante est réfléchie à la surface parfaitement polie des sphéroïdes ; que tous les corps peuvent passer à l'état sphéroïdal, mais que les liquides qui ne sont pas volatils sont alors décomposés en produits gazeux. On constate qu'il n'y a pas contact entre les sphéroïdes liquides et la surface chauffée sur laquelle ils sont produits, par la possibilité de faire passer un rayon de lumière dans l'intervalle qui les sépare, et surtout par la suppression de l'action chimique.

M. Boutigny fait voir par expériences que l'état sphéroïdal d'un liquide peut cesser par abaissement de la température du vase dans lequel on opère, ou par le refroidissement du liquide ; qu'au moment où le contact du liquide avec les parois du vase se rétablit, il y a production instantanée de vapeur et par suite explosion ; il fait voir également que l'eau qui mouille le fond d'une capsule peut y passer à l'état sphéroïdal par l'action d'un chauffage énergique, coïncidant avec la présence des dépôts terreux, ou les mouvements de va-et-vient, ou le soulèvement subit de cette eau. Il en conclut que ces phénomènes sont une cause très fréquente d'explosion des chaudières à vapeur.

C'est pour obvier à ces inconvénients qu'il a disposé un système de générateurs dans lesquels l'eau n'est pas au contact des parois de la chaudière. C'est un cylindre vertical en tôle forte pour résister à la pression de la vapeur, dans lequel sont suspendus, sans contact avec les parois, une série de diaphragmes alternativement concaves et convexes ; l'eau d'alimentation arrive sur celui du haut et tombe en cascade de l'un sur l'autre. La chaudière, étant isolée dans les carneaux d'un fourneau, absorbe la chaleur, qu'elle transmet par rayonnement aux diaphragmes et à l'eau dont ils sont couverts. Des expériences faites sur cette petite chaudière, et dont les résultats sont consignés dans un rapport du comité des arts mécaniques de la Société d'encouragement, en date du 9 janvier 1856, accusent une production de 70 à 100 kilog. de vapeur par mètre carré de surface de chauffe et par heure, et une vaporisation de $4^k.33$ à $10^k.40$ par kilog. de charbon consommé. Les diaphragmes présentent le grand avantage de retenir les dépôts calcaires, qui ne vont pas ainsi se placer au point le plus bas et par suite le plus chauffé de la chaudière, où ils sont une cause de danger ; de

plus, comme ils sont très faciles à enlever et à nettoyer, il devient aisé d'entretenir la chaudière en bon état de fonctionnement. On n'a pas encore de donnée sur la durée possible d'un tel générateur. Le système de diaphragme peut être appliqué aux générateurs à bouilleurs, mais alors ceux-ci sont remplis d'eau jusque dans les cuissards; le corps de chaudière forme chambre de vapeur remplie d'une série de tablettes en tôle sur lesquelles l'eau d'alimentation tombe en cascade et qui retiennent les dépôts.

Chimie. — Les liquides à l'état sphéroïdal étant à une température inférieure à celle de leur ébullition, leur vapeur étant très rare et chauffée à une température qui approche de celle du vase où elles se forment, on a là un moyen d'action nouveau et des circonstances particulières propres à produire des réactions spéciales. En opérant dans l'air, on réalise le phénomène de la combustion lente; l'alcool et l'éther produisent de l'aldéhyde; l'acide sulfureux, de l'acide sulfurique; les liquides à l'état sphéroïdal présentent aussi des propriétés chimiques nouvelles et fournissent des procédés particuliers d'analyse qualitative.

Théorie. — L'auteur démontre par des expériences spéciales et ingénieuses que les sphéroïdes ne sont pas supportés à distance des surfaces par un coussin de vapeur, mais bien par l'action répulsive de la chaleur agissant entre les molécules du corps sphéroïdalisant et celles du corps sphéroïdalisé.

Il établit la nécessité d'employer les mots *état sphéroïdal* comme désignant une manière d'être des corps, différente de l'état liquide, solide ou gazeux. Il examine pourquoi la température des sphéroïdes est inférieure à celle de l'ébullition de la substance. Il pense que les corps isolés dans l'espace par cette action de la chaleur se comportent comme de petits satellites de la terre. Enfin il fait voir quel rôle, dans son opinion, les propriétés des corps à l'état sphéroïdal ont pu jouer dans la formation du monde, dans les révolutions du globe et ses divers phénomènes géologiques, et notamment la formation des houillères.

SÉANCE DU 17 AVRIL 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. MERCIER DE BUESSARD lit un mémoire sur *la fabrication de la fonte à l'anthracite* dans le pays de Galles, où il vient d'aller étudier les procédés métallurgiques.

La nature de l'anthracite varie peu dans le pays de Galles. Il est composé de 93 0/0 de carbonne, 6 0/0 d'eau et 1 0/0 de cendres, avec des

traces à peine sensibles de soufre. Ces anthracites paraissent appartenir à la même formation que les houilles bitumineuses : car les mêmes couches, après avoir donné longtemps de la houille grasse, changent insensiblement de nature et, en passant par la houille maigre, arrivent à donner de l'anthracite pur. Le même fait a, du reste, été observé en France dans le bassin de la Dordogne.

L'exploitation de l'anthracite se fait, en Angleterre comme en France, dans des couches généralement puissantes et dépassant plusieurs mètres. Un tiers seulement de la production peut être employé dans les hauts-fourneaux ; le reste, qui se trouve à l'état de menu, est presque sans usage ; aussi les prix sont-ils très différents. A Swansea, le prix de l'anthracite en roche est de 12 fr. la tonne, tandis que le menu ne vaut que 4 fr. M. Mercier pense que la préparation du coke d'anthracite par le procédé Tardieu et Vazeilles créera bientôt un débouché considérable à ces menus, non-seulement pour les hauts-fourneaux, mais encore pour les chemins de fer.

Il est digne de remarque que la qualité, la densité et la ténacité de l'anthracite varient en raison inverse de la puissance des couches où on l'exploite. Ainsi, les couches qui, près de Swansea, ont 3 mètres d'épaisseur, se réduisent, près de Camartheu, à l'extrémité du pays de Galles, à 75 centimètres, et la pureté du charbon va constamment en augmentant. On extrait deux espèces d'anthracite. L'une, très compacte, à cassure de jais, se rapproche des anthracites d'Amérique et est réservée pour les bateaux à vapeur ; l'autre, à cassure grenue, est réservée pour les hauts-fourneaux. Cette dernière, examinée à la loupe, a l'aspect d'un véritable poudding, composé d'anthracite très pur et de houille grasse qui s'oppose au décrépitement. Dans les environs de Glascow, en Écosse, cette constitution physique apparaît encore d'une manière plus sensible par les stratifications alternatives de houille grasse et d'anthracite dont chaque fragment paraît composé.

Dans le Monmouthshire, l'exploitation se fait au moyen de galeries, tandis que dans le Camartheushire, où les couches sont à une plus grande profondeur, elle se fait au moyen de puits et nécessite de puissantes machines d'épuisement et d'extraction. Ces machines, du système Woolf, sans condensation, brûlent jusqu'à 6 kilos par heure et par force de cheval.

Partout indistinctement, dans les hauts-fourneaux à l'anthracite du pays de Galles, l'air est chauffé à 608° Farenheit (315° c°) (plomb fondant) ; mais à Ystalifera seulement on utilise les gaz des hauts-fourneaux. On emploie 7 ou 9 tuyères distribuées symétriquement sur les deux côtés et le fond du creuset.

On marche à tympe découverte, pour que les anthracites qui ne sont pas entièrement consumés dans la descente des charges puissent être projetés facilement hors du creuset ; aussi le travail de ces hauts-fourneaux est-il assez dangereux.

Le rendement des hauts-fourneaux varie de 7 à 10 et 12 tonnes par jour, suivant qu'on marche à l'air froid, à l'air chaud, et avec un mélange d'anthracite et d'un tiers de coke.

On a, du reste, complétement renoncé à l'emploi de l'air froid : les produits n'étaient pas sensiblement meilleurs, et leur prix de revient était plus élevé. Le mélange d'anthracite et de coke ne se fait que pour les fontes destinées à être transformées en rails. Avec l'anthracite pur, on a toujours une qualité supérieure, et le prix de la fonte à l'anthracite surpasse de 12 fr. 50 celui de la fonte au coke. Dans quelques pays on affine même cette fonte au charbon de bois pour en faire du fer-blanc.

Les hauteurs des hauts-fourneaux du pays de Galles varient beaucoup, depuis 8m.40 jusqu'à 15 et 20 mètres. Mais ces derniers emploient presque exclusivement de la houille crue, sensiblement différente de l'anthracite. La longueur du *ventre* est toujours d'environ 4 mètres. L'*ouvrage* a une section de 1 mètre. Le *creuset* a 0m.50 de profondeur au-dessous de la *dame* et 2 mètres de longueur. La pente des *étalages* est constamment de 45°. Ce qui explique l'identité de ces dimensions est l'identité du minerai employé. La largeur au gueulard est en général de 2m.50, et on tend tous les jours à l'augmenter, afin de rendre la descente des charges plus facile. La charge se fait par quatre côtés à la fois.

M. Mercier fait ensuite remarquer que les districts houillers ne sont pas aussi favorisés qu'on le croit généralement en France, au point de vue de la réunion sur un même point des diverses matières premières nécessaires à la production du fer. En général, dans le pays de Galles, le minerai de fer carbonaté lithoïde qu'on trouve dans les exploitations de houille ne contient que 15 p. 100 de fer, et on est obligé de le mélanger avec des hématites brunes de Glocester et de Newport, ce qui porte la proportion de fer à 35 p. 100, mais ce qui élève aussi le prix de revient à 20 fr. la tonne. Les fondants sont fournis par les nombreux bancs de marbre gris qu'on trouve partout dans le pays de Galles. La main-d'œuvre ne dépasse guère 10 fr. la tonne tout compris, tandis qu'en France elle ne descend que rarement au-dessous de 14 fr.

La durée moyenne des fondages des hauts-fourneaux gallois varie de trois à cinq ans, ce qu'ils doivent sans doute à l'excellente qualité des matériaux. L'ouvrage est en pierre granitique à grain très serré, et la brique réfractaire est composée de 4/5 alumine et 1/5 sable provenant des scories sèches des fours à puddler.

Les constructions accessoires dans les usines en fer sont très négligées. Presque tous les hauts-fourneaux sont privés de halles de coulée, et souvent les usines à laminoirs sont en pleine activité que les hangars ne sont pas encore couverts. On pèche peut-être en France par l'excès contraire.

M. Mercier passe ensuite en revue chacun des établissements qu'il a visités.

Ystalifera. Cette usine, dans laquelle M. Crone a fait les premiers essais pour l'utilisation de l'anthracite, se compose de sept hauts-fourneaux adossés. Un canal venant de Swansea-Ville passe à 4 mètres des gueulards, qui sont complétement rasés. Les plates-formes n'ont même pas de murs de bataille. Une sert à recueillir les gaz, qu'on utilise pour chauffer l'air au moyen d'un appareil à tubes en *U*. La machine soufflante, de 130 chevaux, alimente toutes les tuyères au moyen d'un grand conduit en forte tôle de 1m.50 de

diamètre. La course du piston est de 3m.60, le diamètre de 2m.70; le nombre de coups par minute est de 32. Chaque haut-fourneau a sept tuyères à courant d'eau et reçoit 88 mètres cubes.

La production de chaque haut-fourneau est de 10 tonnes, et peut être portée à 15 tonnes quand il travaille avec un mélange de 1/3 de coke.

A *Yniscandwin*, les conditions générales sont les mêmes. Il y a six hauts-fourneaux. Un d'entre eux est soufflé isolément par une machine soufflante mue par une roue hydraulique. La machine est à deux cylindres de 1m.20 de diamètre; la course est de 1m.30, le nombre de coups de 24 par minute, et le volume d'air envoyé de 75 mètres cubes.

A *Brack-Aman*, il y a deux hauts-fourneaux. La machine soufflante est de 45 chevaux, le volume d'air de 100 mètres cubes par haut-fourneau.

A *Gwanreath*, deux hauts-fourneaux; machine de 60 chevaux qui n'a pu suffire pour en souffler trois.

L'usine la plus considérable du pays de Galles est, sans contredit, *Merthyr-Tilvill*, qui occupe, dit-on, plus de 25,000 ouvriers et dont le mur d'enceinte a 7 milles anglais de tour. Elle renferme 16 hauts-fourneaux, 150 fours à puddler, 50 fours à réchauffer, et produit 300 tonnes de fer par 24 heures. Elle emploie 3,000 chevaux-vapeur.

Les hauts-fourneaux ont 20 mètres de haut et sont alimentés d'un charbon sec, différent de l'anthracite, par un chemin de fer à locomotives. Le service de scories se fait aussi par chemin de fer, mais avec une telle incurie que la montagne résultant de leur amoncellement menace de recouvrir l'usine sous ses éboulements.

M. Mercier termine en exprimant l'espoir d'obtenir bientôt en France de la fonte à 40 fr. par l'application, dans quelques localités favorisées, du procédé qui permet d'utiliser les menus d'anthracite.

Un Membre demande si l'analyse de l'anthracite citée par M. Mercier a été faite par lui, ou si elle lui a été communiquée par l'ingénieur anglais. Dans ce dernier cas, il se pourrait que les 6 p. 100 d'eau indiqués s'appliquassent en réalité à un rendement d'hydrogène, selon une habitude de langage assez commune en Angleterre.

M. Mercier répond qu'il a cité l'analyse telle qu'elle lui a été communiquée; qu'il n'a pu la vérifier, mais qu'il a rapporté des échantillons de l'anthracite étudié et qu'il les fera analyser.

M. de Pury rend un compte verbal à la Société du dernier numéro des *Annales des ponts et chaussées* (janvier et février 1857).

Il signale en premier lieu une note sur les procédés suivis dans l'arrondissement de Saint-Claude pour une méthode particulière d'emploi des matériaux destinés à l'entretien des chaussées en empierrement, méthode à laquelle on a donné le nom d'*emploi-béton*.

La première partie du mémoire, qu'il serait difficile d'analyser en peu de mots, expose le grand avantage de cette méthode sur celle de l'emploi ordinaire des matériaux à la volée au double point de vue de l'économie des matériaux et de la facilité de la circulation. La deuxième partie contient des expériences sur l'usure comparée de routes entretenues par la méthode or-

dinaire et par celle des *emplois-bétons;* le résultat de ces expériences est en faveur de la dernière.

Le même bulletin renferme des détails intéressants sur une question qui a occupé plusieurs fois notre Société : il s'agit de la description des égouts de Turin. On a établi dans cette ville un double système d'égouts : l'un inférieur, dit égout noir, qui reçoit directement toutes les eaux sales; l'autre supérieur, qui ne reçoit que les eaux pluviales des propriétés riveraines, le sol des rues ne recevant ainsi que les eaux du ciel qui tombent à sa surface. Le principal objet des eaux de l'égout supérieur est de former des chasses pour le lavage de l'égout inférieur, qui est sans communication avec la voie publique, mais dont les eaux sont dirigées vers la campagne pour les besoins de l'agriculture.

M. de Pury cite encore une note de M. Graeff, ingénieur des ponts et chaussées, sur une méthode pratique et expéditive de résoudre les deux questions suivantes, qui intéressent l'alimentation des canaux à point de partage.

1° Etant donné le niveau de l'eau dans un étang, quel volume d'eau contient-il ?

2° Ce même niveau étant connu, si l'on retire de l'étang ou si l'on ajoute un volume d'eau déterminé, à quelle hauteur l'eau se maintiendra-t-elle après l'opération ?

Enfin, en parlant de la chronique qui termine chaque numéro des *Annales*, M. de Pury cite plusieurs faits intéressants, entre autres l'altération particulière qu'éprouvent les pilotis de fondations exposés à l'influence des eaux contenues dans certains terrains, et contre laquelle il est bon de se tenir en garde. M. de Pury analyse ensuite le numéro de mars 1857 des *Nouvelles Annales de la construction*, rédigées par M. Oppermann.

Les six planches de ce numéro représentent les quatre grands viaducs de Chaumont, Nogent-sur-Marne, Goelzschthal, Elsterthal, ainsi que le pont-aqueduc de Roquefavour. Les élévations des quatre viaducs, réunis sur la même feuille, et offrant ainsi au premier coup d'œil des solutions diverses du même problème, sont d'un haut intérêt pour les ingénieurs qui n'ont pas le temps de lire de longues descriptions.

Les légendes explicatives fournissent, d'un autre côté, d'intéressants renseignements sur les prix de ces constructions; et, bien qu'elles aient été édifiées dans des pays très différents, et par conséquent dans des conditions très diverses, il n'en ressort pas moins clairement ce fait qu'il est bon de signaler, savoir que le prix de l'unité de surface de ces ouvrages augmente avec l'ouverture des arches.

M. Jules Gaudry rend compte ensuite à la Société des deux livraisons actuellement parues du *Nouveau Portefeuille des ingénieurs des chemins de fer, par MM. Perdonnet et Polonceau.*

Dans la première livraison, qui traite de l'espace occupé par les différentes parties d'un chemin de fer, les deux auteurs rencontrent la question si controversée de l'écartement des rails. La voie actuelle, de $1^{m}.44$, est-elle suffisante non-seulement pour les besoins actuels, mais encore pour ceux qu'il est permis de prévoir dans l'avenir? Peut-on admettre une lar-

geur de voie moindre pour les petits embranchements? Ou bien, au contraire, doit-on poser en principe qu'un wagon pourra circuler d'un point quelconque à un autre du réseau?

Arrivant ensuite à la description des travaux d'art, les auteurs demandent que la hauteur sous les ponts et tunnels soit portée à 5m.20 au minimum, tant pour empêcher tout accident aux voyageurs que pour réserver aux cheminées la hauteur suffisante.

La deuxième livraison comprend exclusivement la question de l'étendue des gares. Elle offre à cet égard d'intéressantes données statistiques. On y remarque que les gares anglaises, comparées aux gares françaises, ont la même longueur, moins de surface totale, plus d'espaces couverts et moins de superficie pour les marchandises, celles-ci étant enlevées de suite, sans passer par l'octroi, ou entreposées dans des magasins à plusieurs étages.

Suivent ensuite, sous le titre de *Documents*, des détails très complets sur onze tranchées en cours d'exécution de la ligne de Paris à Mulhouse. Cubes des terrains, coupes géologiques, organisation des travaux, enfin prix du mètre cube remué, tout est énoncé sous la forme la plus simple et la plus pratique, avec dessins cotés à l'appui.

M. Gottschalk a la parole pour rendre compte d'un *Mémoire de M. Curtel sur la fabrication des rails*, qui lui a été renvoyé. Dans ce mémoire, M. Curtel s'est proposé d'étudier les méthodes aujourd'hui suivies dans les principaux établissements métallurgiques pour la fabrication des rails au point de vue des modifications à y introduire. Son étude a surtout porté sur le choix et la distribution des fers dans les paquets pour les rails à double champignon.

Il attribue la qualité inférieure des produits actuels aux lacunes qui existent dans la plupart des cahiers des charges en ce qui regarde les détails de la fabrication et notamment la composition de paquets. Il est facile, dit M. Curtel, en disposant convenablement le fer ballé, d'emprisonner un fer de qualité tout à fait mauvaise, et qui forme le centre du paquet, dans une enveloppe d'apparence satisfaisante, mais qui ne sera nullement soudée au fer qu'elle recouvre.

Un bon rail doit satisfaire à trois conditions principales :

1° Etre bien soudé dans ses différentes parties;

2° Présenter de la ténacité, pour résister au choc;

3° Présenter de la dureté sur les surfaces de roulement, pour résister à l'usure due au frottement.

Il est plus ou moins facile de satisfaire aux deux premières en employant, pour la partie qui doit constituer l'âme du rail, des fers pouvant se souder facilement et ayant de la ténacité (comme fer doux), et, pour les tables de roulement, des fers à grains présentant de la dureté; mais de l'accomplissement de ces deux conditions résulte une difficulté de satisfaire à la première, celle d'une parfaite soudure, puisqu'on met en présence des fers de nature différente.

Or, ce sont les soudures défectueuses qui causent la détérioration des rails.

M. Curtel examine ensuite la qualité des fers employés. Ce sont tantôt

des fers rouverains, d'autres fois des fers cassant à froid, provenant généralement de fontes obtenues par surcharge.

Ces fers, dit-il, sont puddlés à grains, mais les couvertes qui en proviennent deviennent nerveuses par le corroyage et se soudent mal au fer à grain qu'elles recouvrent.

Néanmoins, comme elles l'enveloppent, elles peuvent, sous une épaisseur de 10 à 11 millimètres, résister pendant deux ou trois ans sans s'exfolier, et, lorsque les inconvénients d'une mauvaise soudure se produisent, le délai de garantie est expiré.

Si la couverte, qui est plus épaisse que les barres de fer brut et qui peut supporter une température plus élevée, a été suffisamment chauffée, le fer brut aura pu se brûler; comme en outre il s'allonge *davantage* au laminoir, il en résulte des criques sous les champignons du rail. Si la couverte n'a pas été suffisamment chauffée, elle ne sera pas soudée, et la dessoudure pourra être visible. Dans les deux cas, le rail sera refusé, quoique la soudure puisse être très bonne dans le premier cas. M. Curtel cite à ce propos des moyens très défectueux, qu'il condamne, et que l'on emploie pour éviter les *criques de chaleur* sous les champignons. Il veut parler des couvertes à rebords, des couvertes fabriquées avec des mises de champ et des cornières employées pour faire les angles des paquets.

Il est bon de proscrire ces moyens d'une manière générale.

Pour éviter les inconvénients qui proviennent d'une mauvaise soudure, M. Curtel propose deux moyens :

1° Employer des couvertes beaucoup plus minces que les couvertes actuelles;

2° Supprimer entièrement le fer ballé dans la composition du paquet et n'employer que du fer brut.

Dans le premier cas, la nouvelle couverte, n'ayant que 10 millimètres d'épaisseur, permettrait un chauffage plus facile du paquet et par conséquent donnerait une meilleure soudure.

Son épaisseur, réduite à 2 ou 3 millimètres après le laminage, serait bien suffisante si la soudure était bien faite, sinon cette couverte serait vite enlevée par l'action des roues, et dès lors le délai de garantie ne serait pas illusoire.

M. Gottschalk fait observer ici : 1° qu'il est bon de remarquer d'une manière générale que les compagnies de chemins de fer, en vue précisément des difficultés que M. Curtel signale, laissent toujours une certaine marge à l'initiative de leurs agents; 2° que, pour ce qui est de l'opinion émise par l'auteur de ce mémoire sur les avantages d'une couverte mince, il ne saurait la partager; qu'il lui semble, en effet, que cette couverte si mince tendra à se brûler très facilement, puis à se laminer et s'écraser promptement sous le poids des machines.

On peut citer à cet égard ce fait, que les compagnies des chemins de fer, en France, fixent généralement l'épaisseur du fer ballé après le laminage à 10 millimètres; en Angleterre, on tend même à augmenter encore cette épaisseur au point d'employer quelquefois deux couvertes superposées (dans la fabrication des rails Brunel et Barlow).

Toute la difficulté réside dans le moyen de bien souder la couverte au fer brut qu'elle recouvre, et c'est à quoi on devra arriver soit en modifiant convenablement les cannelures des cylindres, soit en faisant usage du marteau-pilon.

Quant à fabriquer des rails tout en fer puddlé, il serait à désirer que des expériences fussent faites en grand pour déterminer ce que l'on peut attendre de ce procédé. Il semble à première vue que la soudure de toutes les parties du rail sera meilleure; mais le fer puddlé, tel qu'on l'emploie aujourd'hui, pourra-t-il remplacer le fer ballé pour former les surfaces de roulement? Ne devra-t-on pas, dans ce cas, chercher à en améliorer la qualité en employant pour la fabriquer des matières premières également meilleures, ou en ayant recours à quelque moyen, soit mécanique, soit chimique, d'épuration? Enfin, dans ces conditions, le prix de revient des rails serait-il inférieur au prix actuel? C'est ce qu'il convient d'examiner sérieusement en pratique. (Il faudrait dans ce cas exiger que le paquet fût formé avec des barres de fer puddlé de toute la longueur et augmenter ses dimensions transversales.)

Enfin M. Curtel présente à la fin de son travail une rédaction modifiée pour les cahiers des charges, dans laquelle il insiste sur le mode de formation du paquet, sur la fabrication du fer puddlé et des couvertes.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gottschalk de sa communication. En présence de l'accroissement continu du trafic, de l'augmentation du poids des véhicules et de la déclivité des rampes, qui font de la durée des rails une question de première importance pour les compagnies, il pense que le travail de M. Curtel doit être signalé à l'attention des hommes spéciaux qui, dans les compagnies de chemins de fer, reçoivent les rails et en surveillent la fabrication. Il est d'autant plus opportun de discuter les appréciations de M. Curtel qu'elles sont, en réalité, la critique de diverses descriptions ordinairement imposées dans les cahiers de charges et diffèrent d'ailleurs en plusieurs points des idées contenues dans un remarquable travail présenté sur le même sujet l'année dernière par M. Yvan Flachat.

UN MEMBRE ajoute que le principal reproche à faire aux compagnies dans leurs marchés pour la fabrication des rails est de ne pas assez choisir les usines et de s'adresser partout, sans considérer si une forge qui se propose est à même de fournir les fers convenables aux rails.

Telle usine et tels minerais qui produisent pour d'autres industries des fers supérieurs ne donneront souvent que de mauvais rails. Toutes les fois que des usines pourront les fournir en bon fer aciéreux, résistant et bien soudé, on aura des voies excellentes dont la durée compensera la dépense première. En Prusse, on a imposé à l'usine du Phœnix des rails Vignole à champignon en fer à grain fin et aciéreux et à empâtement nerveux. A la cassure, le grain de l'un et le nerf de l'autre dénotent une qualité de premier ordre; la soudure n'est pas moins parfaite; il l'a constaté sur un grand nombre de rails rompus sous ses yeux et dont il présentera les échantillons. Comme particularité dans le travail, il rapporte que tout se fait en une seule chaude, et que le rail sortant achevé du laminoir, où il a été très rapidement formé, est encore si chaud que les bouts de rails sciés

de suite peuvent, sans chaude nouvelle, être repassés au laminoir et convertis en petit fer.

M. LE PRÉSIDENT fait observer que, dans ces dernières années, les besoins ont été tels et le développement des chemins de fer s'est opéré avec tant de simultanéité que les compagnies n'ont pas eu le choix des usines ni celles-ci le choix de leurs minerais, et qu'il faut, pour l'honneur des forges françaises, faire la part de ces circonstances dans les critiques qu'on a pu avoir à faire récemment sur la fabrication des rails.

M. GOTTSCHALK dit qu'en Angleterre certaines usines sont arrivées à faire des rails très résistants avec certaines qualités de fer impropres par elles-mêmes à cette fabrication et qu'on avait traitées dans le fourneau avec un léger excès de chaux. Les aciers puddlés donneront sans doute aussi d'excellents rails, mais leurs prix sont encore trop peu abordables.

SÉANCE DU 1er MAI 1857.

Présidence de M. CALLON.

M. FAURE appelle l'attention de la Société sur une note publiée par M. Hervé-Mangon dans les *Annales des ponts et chaussées*. Cette note a pour titre : *Altération du bois dans les fondations.*

M. Mangon, après avoir dit que quelques faits particuliers lui faisaient soupçonner que la conservation des bois placés au-dessous de l'eau n'était pas aussi parfaite qu'on l'admettait généralement, cite l'extrait suivant d'une lettre de M. Fargues, chargé de faire exécuter les travaux de fondation d'un pont destiné à remplacer un pont actuellement existant sur une petite rivière appelée la Gélise, affluent de la Baïse.

Des faits nombreux sont venus m'inspirer des doutes sur la conservation des pieux qui doivent reporter tout le poids de la pile sur le solide. Je crains que dans un petit nombre d'années le bois de ces pieux ne soit complétement altéré.

Premier fait. De petits pieux de fondation du pont actuel ont été mis à découvert dans la fouille de l'enceinte. Ces pieux ont de 0,12 à 0,15 de diamètre; leur fiche totale est inconnue ; ils sont recépés à $2^m,50$ en contre-bas de l'étiage. Or le bois de ces pieux est profondément altéré ; ils n'ont pas subi, à proprement parler, une putréfaction, mais bien une destruction complète de la matière ligneuse et la transformation en une matière spongieuse sans aucune consistance. D'un coup de tranchant de la pelle, un ou-

vrier a coupé sans difficultés un de ces piquets dans toute son épaisseur. L'essence de ce bois est difficile à reconnaître. Je crois, pour moi, que c'est de l'aune, mais des connaisseurs affirment que c'est du chêne.

Deuxième fait. Parmi les nombreux objets trouvés dans la fouille de la couche vaseuse se trouve un fer de hache portant un tronçon de manche. Suivant toutes les probabilités, ce manche était en chêne, et, à coup sûr, depuis son immersion, ce bois n'a pas vu l'air : cependant il est entièrement décomposé et détruit.

Troisième fait. Les eaux extraites de la fouille par voie d'épuisement déposent, sur les points où elles coulent sur une faible épaisseur et avec une grande vitesse (et seulement sur ces points), une substance jaunâtre, pulvérulente, qui a l'aspect d'un précipité chimique. Les eaux de la Gélise proprement dites ne présentent pas cette particularité, et tout semble indiquer que cette substance est amenée par les eaux arrivant dans la fouille par sous-filtrations verticales et venant de la couche inférieure à travers les trous de sonde que nous y avons exécutés.

M. Fargues avait envoyé avec sa lettre divers échantillons dont M. Mangon a fait l'analyse au laboratoire de l'école des ponts et chaussées. Le premier échantillon analysé portait pour étiquette : *Boues ou résidu des eaux d'épuisement recueilli sur les dalles d'écoulement des pompes Letestu.* Cette matière, d'une vert foncé, a une odeur des plus désagréables. Elle ne renferme pas d'acide sulfhydrique. Exposée à l'air, elle passe du vert au rouge-brun. Cette propriété, et l'analyse qui a constaté la présence de plus de 6 0/0 de peroxyde de fer, démontrent que ce produit appartient à la classe des dépôts limoneux que Berzelius désigne comme renfermant des acides créniques ou apocréniques. M. Mangon observe que ces caractères sont présentés par les obstructions ferrugineuses qu'on trouve dans quelques tuyaux de drainage. Les eaux de rivières et de ruisseaux ne peuvent renfermer ces produits en quantité notable. Leur mouvement en présence de l'air les en dépouillerait rapidement. L'analyse établit donc que le liquide retiré des fouilles faites dans le lit de la Gélise est mélangé d'eaux souterraines, ainsi que le suppose M Fargues.

Le deuxième échantillon était *du sable recueilli près d'un marais à 20 kilomètres de Mezin.* Ce produit est formé de sable siliceux blanc et fin, dont tous les grains sont recouverts d'une couche ocreuse. L'analyse a constaté que c'était du sable ordinaire des Landes imprégné des dépôts formés par l'évaporation à l'air des eaux contenant les produits particuliers retrouvés dans le premier échantillon.

Le troisième échantillon était un *agrégat sablonneux sur la rive gauche de l'Arance, cours d'eau des Landes.* Ce produit, formé de sable blanc et fin des Landes, est agglutiné par une matière organique noirâtre. Il est insoluble dans l'alcool et l'éther, très soluble dans la potasse. Les acides le précipitent ensuite en flocons bruns qui présentent tous les caractères de l'acide humique.

Le quatrième échantillon était formé des *bois des pieux de fondation du pont actuel de Mezin, recépés à 2m.50 au-dessous de l'étiage.* A l'état humide, ce bois ne présente aucune résistance ; lorsqu'on le dessèche, il éprouve

une contraction et reprend une assez grande dureté. Il est d'un brun foncé et profondément altéré. Il n'a pas été possible d'en faire déterminer l'espèce d'une manière positive. L'analyse constate une altération profonde du bois. La masse ligneuse tend à passer à l'état de tourbe et se trouve imprégnée d'une quantité de matières terreuses de beaucoup supérieure à la proportion de cendres qui existe ordinairement dans le bois.

De l'examen des faits et de l'analyse des échantillons M. Mangon conclut que les eaux de la fouille n'étaient pas de la même nature que celles de la rivière et que les premières renferment les éléments qui ont produit les dépôts ocreux de certains sables des Landes. Il est en outre extrêmement porté à supposer que les eaux souterraines qui arrivent dans les fouilles exercent sur le bois une action *putréfiante*

Un Membre demande si le produit transformé qui est le résultat de l'action putréfiante des eaux souterraines ne serait pas plutôt du lignite que de la tourbe. Il ajoute qu'au Havre on a retiré, près de la tour de François Ier, des pieux en bois silicifiés.

M. Faure répond que l'aspect extérieur de la matière desséchée est assez celui du lignite, mais que sa composition chimique se rapproche beaucoup plus de celle de la tourbe.

Un autre Membre dit qu'il a trouvé, dans des terrains recouverts d'eau, des morceaux de bois sans altération; cependant les rivières roulaient des pyrites de cuivre et de fer, et dans certains endroits les eaux croupissaient et devenaient noires. Il pense que l'état, l'âge et l'époque de l'abatage des bois influent beaucoup sur la conservation.

Un autre Membre dit qu'il a étudié l'action des acides crénniques et apocréniques sur les bois, mais qu'il est très difficile de se rendre compte de leur effet destructeur. Dans une fouille en Estramadure, il a trouvé des pieux phéniciens d'une authenticité incontestable, puisqu'on a recueilli autour d'eux des monnaies et des vases de cette époque. On a constaté une altération de la surface de ces pieux, mais seulement jusqu'à une profondeur de 3 centimètres environ; l'axe était intact, et on a pu parfaitement reconnaître que ces pieux étaient des cèdres. La surface était du lignite pur: car, bien que l'aspect fût celui de la tourbe, l'analyse donna les mêmes éléments que pour les lignites de Francfort et de Nassau. L'altération n'était pas la même à tous les niveaux : des pieux intacts à la partie inférieure étaient très attaqués à la partie supérieure. Cette différence provient sans doute de ce que les divers niveaux n'étaient pas chargés de la même proportion de sels ferreux, qui sont les plus dangereux pour les bois, surtout quand ils renferment un sulfate. Au reste, dans ces conditions, les bois ne sont pas seuls altérés ; l'argent pur est dissous et les pompes en bronze rapidement rongées. Les altérations se forment sur les bois par une sorte de capillarité ; mais, si l'on prend la précaution de dépouiller et de rôtir les pilotis, ils seront peu attaqués.

M. Nancy dépose sur le bureau les détails de la gare d'Anvers, rapportés de Belgique par M. Jacquin et appartenant au portefeuille de M. Perdonnet, qui met à la disposition de la Société tous les dessins et travaux qu'il possède.

M. Nancy donne ensuite lecture d'un article d'un journal allemand, sur

un chemin de fer construit en Amérique dans des conditions très exceptionnelles.

Extrait du journal l'Eisenbahn-Zeitung, n° 15, 16 avril 1857.

UN CHEMIN DE FER EN PAYS DE MONTAGNES, EN AMÉRIQUE.

« L'ingénieur Charles Ellet, à Washington, a construit, en 1854, un « chemin de fer sur la crête des montagnes les *Blue-ridge*, en Virginie.

« Ce chemin, en ce qui concerne les rampes et les courbes, ne peut être « comparé à nul autre ; c'est ce qui résulte d'une description qui vient d'en « être faite par le constructeur lui-même.

« Le chemin dont il est question s'appelle chemin de faîte de montagne « (*mountain-top*) et forme une partie de la ligne en cours d'exécution à tra- « vers l'Etat de Virginie, qui doit s'étendre sur une longueur de 961 kilo- « mètres (430 milles anglais) de Richmont jusqu'à l'Ohio, 331 kilom. (206 « milles) de cette ligne forment le chemin central de Virginie, entre Rich- « mond et Covington, au pied du versant Est des Alleghanys. Sur cette « section, l'Etat de Virginie avait entrepris la construction de 27 kilom., « comprenant la traversée des *Blue-ridge*, avec un grand tunnel ; mais cette « construction souffrit de longs retards. Pour ne pas laisser subsister pen- « dant plusieurs années une lacune entre les autres chemins de compagnies « déjà terminés, l'ingénieur Ellet conseilla la construction d'un chemin à « locomotives par-dessus la crête des montagnes, avec les rampes et les « courbes indiquées par le mouvement du terrain. L'étude de ce chemin « fut promptement mise à l'œuvre, et le chemin lui-même construit en sept « mois.

« Le chemin *mountain-top* franchit la crête du *Blue-ridge* à 675 mètres « au-dessus du niveau de la mer. La crête elle-même est très étroite, et on « la passe avec une courbe de 91m.50 de rayon (300 pieds) ; elle offre à « peine la place pour un train ordinaire, entre les deux dépressions orien- « tale et occidentale.

« La longueur de la pente vers l'ouest, depuis le sommet jusqu'au pied « de la montagne, est de 3,248 mètres ; la différence d'altitude entre les « deux points est de 137m.25, soit une déclivité moyenne de 42 millimètres « par mètre (1 : 23 2/3) et maxima de 52mm.6 par mètre (1 : 19).

« A l'est, la longueur de la pente est de 3,812 mètres rachetant une diffé- « rence de hauteur de 188m.55, soit une déclivité moyenne de 48mm.7 par « mètre (1 : 20 1/2) et maxima de 55mm.55 (1 : 18). Cette dernière pente « se maintient sans interruption sur une longueur de 800 mètres.

« Sur les deux versants de la montagne, le rayon des courbes est de « 69m.50 (300 pieds), la déclivité étant réduite sur leur développement à « 45 millim. En un point du versant oriental on a été forcé d'employer un « rayon de 71m.47 avec la même pente.

« La diminution des pentes de 52mm.6 et 55mm.5 ramenées à 45 milli- « mètres parut à l'origine insuffisante pour égaliser la résistance augmentée « par l'influence des courbes ; plus tard, lorsqu'on employa, pour se tirer

« d'embarras, le graissage des boudins des roues, au moyen d'une éponge « imbibée d'huile et appliquée contre le fer par un ressort, la résistance « dans les alignements droits ou courbes avec les différences de pentes in- « diquées varia si peu que l'on put à peine remarquer une différence de « vitesse dans le trajet de la montée.

« La longueur totale du chemin dans la montagne est de 7 kilom.; mais, « comme le chemin provisoire a dû faire quelques détours, en raison de « l'inachèvement de plusieurs remblais ou tranchées qui l'ont allongé de 5 « kilom., le parcours des locomotives de montagne s'étend à 12 kil. 5 « environ.

« Pendant deux ans et demi, ces locomotives ont fait leur service sans « interruption et avec la plus grande régularité; un seul jour seulement, et « par suite d'une tourmente de neige, la circulation s'est trouvée interrom- « pue. Ces locomotives ont 6 roues couplées 1m.067 (3 pieds 1/2) de « diamètre; l'écartement maximum des roues pris entre les points extrêmes « de contact des roues et des rails n'excède pas 2m.847.

« Les deux essieux d'avant sont légèrement mobiles, bien que reliés par « deux cadres en fer forgé qui comprennent les boîtes à graisse cylindriques « et peuvent tourner autour d'un pivot sphérique logé sous le cadre de la « machine; les cylindres ont 0m.419 (16 pouces 1/2) de diamètre et « 0m.508 (20″) de course. Pour remplacer le tender, la machine porte un « réservoir d'eau et à l'arrière de la boîte à feu deux magasins à combus- « tible; la machine, alimentée et chargée pour un parcours de 12 kilom. 6, « pèse 28 tonnes (55,000 livres).

« Une telle locomotive fait chaque jour quatre voyages de 12 kil. 5 cha- « cun d'un versant à l'autre, en remorquant un fourgon à bagages à 8 roues « et 2 wagons de voyageurs à 8 roues, formant ensemble un poids brut de « 40 à 43 tonnes. Dans certaines occasions d'affluence, ce poids brut s'est « élevé jusqu'à 50 tonnes. Avec cette charge, on peut, tant à la montée « qu'à la descente, arrêter et reprendre la marche à volonté. La vitesse or- « dinaire est de 12 kilom. à l'heure en montant, et de 8 à 10 kilom. à « l'heure en descendant.

« Comme mesure de sûreté, il est formellement prescrit que tout wagon « devant traverser la montagne doit avoir chacune de ses roues munie d'un « frein pour glisser sur les rails. Dans ce but, tous les freins, avant le dé- « part du train, sont visités très soigneusement par un homme de confiance. « A côté de chaque tige d'accouplement des wagons se trouvent deux fortes « chaînes de sûreté. En règle générale, les freins de deux wagons suffisent « pour régler la vitesse du train.

« La consommation de combustible est de 42 pieds cubes pour le parcours « de la rampe de l'Est, qui a 4,200 mètres de longueur, rachetant une hau- « teur de 200 mètres avec des courbes de 91m.50 de rayon. Pour le par- « cours entier de 12 kil. 5 en montant d'un part et descendant de l'autre, « la consommation est d'à peu près le double.

« Somme toute, les frais de traction et d'entretien de ce chemin remar- « quable sont beaucoup moins élevés qu'on ne l'aurait pensé, en raison des « circonstances tout exceptionnelles dans lesquelles il se trouve. »

M. Emile Barrault rend compte de la publication de M. Oppermann, intitulée *Portefeuille économique des machines*. Il dit que ce recueil comprend toutes les parties mobiles du matériel, de la construction et des diverses industries qui en dépendent. Depuis le 1er janvier 1856, 80 planches ont été publiées : les machines motrices, machines à vapeur horizontales ou locomobiles, manéges, etc., y sont représentées par 15 planches ; les outils et machines-outils, par 13 planches ; les apparaux de construction, par 24 planches ; le matériel de chemin de fer, des mines, de la navigation, de l'agriculture, etc., par 23 planches ; les organes et éléments des machines et la télégraphie électrique occupent le reste des planches publiées.

Au point de vue de la forme, le but principal que l'auteur paraît avoir poursuivi, c'est de faire, au prix le plus réduit possible, une publication utile aux hommes spéciaux. Ainsi, il a renoncé franchement à la gravure minutieuse et inutile qui est agréable à l'œil, mais qui sacrifie à l'aspect le temps, la dépense et souvent l'exactitude, et il a adopté un mode de représentation suffisant avec des cotes nombreuses qui accompagnent chaque figure, et avec des indications précieuses sur les poids et les prix de revient ; il a fait ainsi de chaque planche un tout complet et indépendant.

M. Barrault passe ensuite en revue les divers machines et appareils publiés dans le recueil, et il termine en disant que, si les explications données dans le texte ou sur les planches sont quelquefois un peu incomplètes, le Portefeuille de M. Oppermann n'en est pas moins un travail très sérieux et très recommandable, appelé à rendre à l'industrie des services importants en vulgarisant les bonnes machines et les procédés nouveaux.

SÉANCE DU 15 MAI 1857.

Présidence de M. Faure, *vice-président.*

M. Molinos donne communication d'une note de MM. E. Flachat et L. Molinos sur le rapport de la commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez (1).

Un Membre rappelle qu'il a paru dans les *Annales des ponts et chaussées* un travail sur le nivellement de l'isthme. Il dit que les ingénieurs qui avaient fait les premières opérations sur le terrain lors de l'expédition d'Egypte avaient trouvé une différence de niveau de 10 mètres ; mais il est heureux de voir que les nivellements récents ont rectifié les premières idées à ce sujet et n'ont don-

(1) Cette note a été publiée dans le Bulletin du 1er trimestre 1857.

ne qu'une différence de niveau de 0m.80, ainsi que l'a dit M. Molinos. Il ajoute qu'une des objections sérieuses faites au projet de percement est la difficulté de navigation dans la mer Rouge. Il craint que ces difficultés ne diminuent beaucoup les avantages du canal projeté, et que le résultat ne soit pas aussi grand qu'on est disposé à le croire généralement.

M. le Président fait remarquer que ces questions ont été agitées dans des séances précédentes, et qu'il y a eu une discussion approfondie tant sur la dénivellation des deux mers que sur la navigation de la mer Rouge.

M. Baude, invité à assister à la séance, dit que, si le tracé direct est possible dans de bonnes conditions de durée, il est sans contredit le meilleur et le plus économique, et doit être adopté à l'exclusion de toute autre. Mais de sérieuses raisons lui font penser que le point de la côte choisi comme débouché du canal de la Méditerranée est exposé à des changements qui peuvent rendre très précaire l'établissement d'un port à Péluze. Les travaux hydrographiques exécutés attestent la possibilité de la construction d'un port dans d'assez bonnes conditions; mais cet état de la côte durera-t-il, et ne peut-il pas, dans un temps plus ou moins long, être modifié de manière à rendre l'entretien de ce port très difficile et très coûteux? Il suffit de jeter un coup d'œil sur les changements qui se sont produits sur les côtes de l'Océan et de la Méditerranée pour se convaincre que ces craintes sont très fondées et méritent d'être prises en très sérieuse considération. Ainsi, à l'embouchure de la Seine, un levé fait en 1834 indiqua, à la pointe de Hogue, une profondeur de 14 mètres, et, cinq ans plus tard, il y avait au même endroit un banc de sable visible aux basses eaux. Le dernier levé fait en 1856, comparé à celui de 1834, fait voir les bouleversements que les courants et les vents ont produits à l'embouchure de la Seine.

Si l'on examine d'une manière particulière ce qui se passe dans la Méditerranée, on constate facilement la présence d'un courant qui, partant de Gibraltar, suit les rivages d'Afrique, puis ceux d'Asie et d'Europe, pour revenir à son point de départ. Un observateur placé sur les bords de la mer le verrait donc aller de gauche à droite. Ce courant rejette à la droite de l'embouchure de tous les fleuves de la Méditerranée les sables et débris que ces fleuves entraînent, et comble peu à peu tous les ports situés de ce côté. Il est facile de citer des exemples. Ainsi, en commençant par la France, les ports de Cannes et de Fréjus sont ensablés par le Var; à la droite du Rhône, le littoral est aussi ensablé, et certainement le port de Marseille aurait été comblé si, au lieu d'être sur la gauche du Rhône, il s'était trouvé sur sa droite. Il en est de même en Espagne pour les points situés à la droite de l'Ebre.

Dans l'Adriatique, Trieste, qui est un bon port, est à gauche du Tagliamento et de la Piave, tandis que Venise, placée à droite, est ensablée. A la droite du Pô tout est envasé jusqu'au mont Gargan. Les mêmes phénomènes se reproduisent en Algérie et sur tout le littoral de la Méditerranée.

En Egypte, le Nil est soumis à cette loi générale depuis les temps les plus reculés. Hérodote dit en effet qu'à la droite du fleuve se trouve une mer de boue, et le témoignage de nos marins constate qu'il en est encore ainsi. On a prétendu que le Nil ne jette pas de sables à la mer; mais la branche pélusiaque

qui a été comblée par les envasements prouve suffisamment le contraire. On ne peut donc avoir une confiance absolue sur l'état de la côte, et tout tend à démontrer que cet état se modifie tous les jours.

M. Baude fait ensuite remarquer que nous sommes à peine au commencement des études de ce grand projet. Il pense que, si, dans l'intérêt de la navigation et de la mise en culture des terres, le pacha d'Egypte voulait faire dans le désert un canal de dérivation du Nil, ce serait l'acheminement le plus sérieux vers l'exécution de l'entreprise, et il croit que sans ce canal il sera très difficile, au milieu d'un désert pestilentiel, d'effectuer ces immenses travaux.

M. Baude ajoute que les évaluations des recettes du canal sont très hypothétiques, et qu'on se trompe généralement à ce sujet. Il cite l'opinion d'un ancien gouverneur hollandais des Indes orientales, qui a habité longtemps l'Inde et est revenu en Europe par Suez et Alexandrie, afin d'étudier sur les lieux la question au point de vue économique. Selon lui, les rapports entre l'Australie et l'Europe par le canal seront nuls, parce qu'au sud du cap de Bonne-Espérance et du cap Horn les vents soufflent d'une manière régulière, et qu'un navire parti d'Europe ira toujours en Australie par le cap de Bonne-Espérance et reviendra par le cap Horn. Le tonnage serait ainsi diminué pour le canal; mais il est probable qu'il y aura des compensation d'un autre côté.

M. Baude signale ensuite un article de l'acte de concession qui lui paraît très grave. Il y est dit que sur le produit de l'entreprise le pacha prélèvera 10 0/0, et les premiers souscripteurs 15 0/0, à titre d'inventeurs. Il ne se rend pas bien compte de ce que peut être la propriété d'une idée qui date de Sésostris et qui a préoccupé les empereurs romains et les kalifes; mais, dans tous les cas, il voit là un prélèvement de 25 0/0 difficile à supporter pour une entreprise quelconque fondée sur le crédit public.

Quant à la mer Rouge, on a, depuis l'établissement des paquebots à vapeur anglais, des détails très complets sur sa navigation. Ainsi on peut dire d'une manière générale que sur toute sa longueur, qui est de 3,300 kilom. environ, il y a au milieu un chenal de 20 lieues de large, avec une profondeur de 400 mètres au minimum. Ce chenal est bordé à droite et à gauche de lignes d'écueils fort dangereux, et entre ces écueils et la côte il y a deux autres chenaux encore assez réguliers, sur lesquels se fait la navigation des Arabes. Les vents du nord soufflent huit mois de l'année et se font sentir jusqu'au deux tiers de la mer Rouge en descendant vers le sud. Au delà il règne des vents variables. L'entrée du détroit Bab-el-Mandeh (Porte des Larmes) est assez difficile quand les vents sont opposés; mais ce n'est pas un obstacle sérieux, surtout avec la navigation à vapeur.

M. Baude insiste de nouveau sur l'état de la côte du côté de Péluze. Il craint que l'atterrage ne soit difficile. Il fait remarquer que les anciens partageaient sans doute les mêmes craintes : car, certainement, Alexandre aurait placé à Péluze, plus au centre de sa puissance, le port qu'il est allé fonder à Alexandrie, à l'autre extrémité de l'Égypte. Il termine en disant qu'il serait très heureux si une étude plus approfondie venait démontrer que ces craintes sont exagérées.

M. Alexis Barrault partage l'opinion de M. Baude sur la difficulté d'établir un port à la droite du Nil. Or la première condition d'un canal servant à relier les deux mers, c'est que ses débouchés soient commodes et sûrs. Il est bien certain qu'un esprit pratique comme celui de M. Talabot ne serait pas allé placer à Alexandrie le port de la Méditerranée si des raisons sérieuses et une étude approfondie ne lui avaient prouvé l'impossibilité de l'établir à Péluze. La Commission a pensé que le trajet direct était possible, et par conséquent le meilleur. Mais il est à craindre que son examen des lieux n'ait pas été suffisant, et que sa décision à ce sujet n'ait été prise un peu trop vite. Des changements importants qu'elle a été obligée de faire à son projet primitif autorisent à penser qu'elle sera peut-être forcée de revenir sur sa première détermination. Ainsi, dans le premier projet, il y avait à Suez un port, un brise-lame et d'autres constructions, des devis avaient été établis; mais des objections sérieuses ont bientôt prouvé que les idées de la Commission étaient irréalisables, et celle-ci, pour trancher la difficulté, n'a rien trouvé de mieux que de supprimer tout port dans la mer Rouge.

Du reste, il est permis de croire que dans son examen et dans sa décision la Commission n'a pas eu sa liberté entière d'action; elle a dû subir l'influence du vice-roi, et, si elle a choisi Péluze pour port de la Méditerranée, c'est parce que ce point était pour ainsi dire imposé par Saïd-Pacha. Il est bien évident que ce dernier ne pouvait accepter Alexandrie. En effet, le port choisi comme débouché doit être un port neutre; or, pour qui connaît les idées de Méhémet-Ali et de ses fils, Alexandrie, qui est le port militaire de l'Egypte, ne sera jamais neutralisée, et c'est certainement pour ce motif que l'on a choisi Péluze.

M. A. Barrault ajoute qu'on a voulu faire du percement de l'isthme une affaire commerciale. Pour cela il fallait nécessairement que les devis fussent très réduits pour laisser quelques bénéfices aux actionnaires. On est arrivé ainsi au chiffre de 200 millions; mais on s'est bien gardé de faire les évaluations de dépenses avec la rigueur nécessaire, et dans l'état actuel des études cette évaluation est même impossible approximativement. Peut-on se rendre compte, en effet, du prix de revient des matériaux nécessaires pour le port et les autres constructions, lorsqu'on pense qu'on sera obligé d'aller en chercher une grande partie à Suez ou dans l'île de Rhodes? Evidemment le chiffre de 200 millions est beaucoup trop faible; MM. Flachat et Molinos trouvent un minimum de 260 millions; d'autres estimations donnent 320 millions; et dans ces conditions toute affaire commerciale est impossible : car, en admettant un trafic de 2 millions de tonneaux, les actionnaires ne recevraient pas 3 0/0, tous prélèvements faits.

Une autre raison vient encore augmenter ces difficultés. La Commission espère achever ce grand travail et dépenser par suite 200 à 300 millions en 6 ans; mais ce résultat n'a jamais été obtenu ni en France ni en Angleterre. Il faudra 15 à 20 ans pour l'exécuter, et il est peu probable que des actionnaires veuillent attendre si longtemps des bénéfices hypothétiques. L'affaire commerciale est donc impossible. Les gouvernements, qui peuvent seuls exécuter les

grands travaux dans les ports, peuvent seuls aussi mener à bien cet immense travail.

A toutes ces difficultés pratiques viennent se joindre encore des difficultés politiques. L'Angleterre, qui à toutes les époques s'est opposée à la réalisation des idées des ingénieurs français en Egypte, s'oppose encore au percement de l'isthme, et fait étudier un chemin de fer par la vallée de l'Euphrate. L'autorisation du sultan n'est donc pas accordée et peut être encore longtemps différée. Du reste, il y a tout avantage à ces retards. Comme l'a fait remarquer M. Baude, les études commencent à peine, et on aura ainsi le temps nécessaire pour les continuer, et donner aux devis une base plus sérieuse et plus exacte.

SÉANCE DU 5 JUIN 1857.

Présidence de M. CALLON.

A l'occasion du procès-verbal de la dernière séance, un membre fait remarquer que l'une des principales objections qui ont été faites contre le projet présenté par la Commission du percement de l'isthme de Suez est l'ensablement probable du port qui serait établi près de Péluze dans la Méditerranée. Cette objection aurait une très grande valeur si l'on n'avait pas de moyens de résister à cet ensablement. Heureusement que les recherches faites en Italie sur la construction des ports antiques par M. de Fazio, recherches qui ont été publiées en français dans les *Annales des ponts et chaussées* des années 1832, 1837 et 1839, fournissent des renseignements circonstanciés sur la méthode suivie par les anciens pour la construction de leurs ports. Cette méthode est la suivante :

Chaque port était fermé par un ou deux môles partant de la terre ferme; mais, au lieu d'être pleins, ces môles étaient formés de piles et d'arceaux dont l'intrados était au niveau des eaux de la basse mer. Le rétrécissement formé par les piles augmentant la vitesse du courant littoral, les matières entraînées ne pouvaient pas se déposer dans le port, qui demeurait ainsi libre de tout ensablement.

Un grand nombre de passages de divers auteurs anciens qui font la description des ports existant de leur temps ne sont compréhensibles qu'en admettant ce système de construction. Souvent, pour préserver les ports des vents venant du large, les anciens élevaient en avant de l'entrée une île artificielle, qui laissait aux navires deux passages pour entrer et sortir, et facilitaient ainsi beaucoup les manœuvres en cas de gros temps.

Il appelle donc sur ce sujet fort important l'attention des ingénieurs qui auront à étudier le port projeté aux environs de Péluze.

M. le Président, présentant diverses publications adressées à la Société, signale à son attention d'abord un mémoire de M. Emile Barrault sur la prolongation du chemin de fer projeté dit de l'Euphrate à Constantinople et à Bassora. Cette ligne, de 2,600 kilomètres, reliée au réseau européen, serait alors d'un intérêt universel égal à celui du canal de Suez lui-même.

Dans le dernier *Bulletin de la Société centrale d'agriculture*, M. le président signale un article relatif aux nodules de phosphate de chaux dont la découverte importante pour l'amendement des terres a déjà fait à notre Société l'objet de diverses communications. Dans cet article, les objections élevées contre ce nouveau produit perdent toute leur force. Il résulte, en effet, des discussions et des études de plusieurs chimistes, que la composition des nodules, rendant de 10 à 70 0/0 de phosphate, n'est pas plus variable ni plus incertaine que celle de tous autres amendements usités, et que, la compacité de ces mêmes nodules fût-elle un obstacle réel à l'emploi, il y a divers moyens connus pour les broyer ou les désagréger en grand. M. Elie de Beaumont a cité comme exemple les opérations de ce genre auxquelles se livre constamment l'usine sise à la Villette.

L'ordre du jour appelle la lecture d'une note de M. Yvert sur la réparation du pont suspendu de Châtillon-sur-Loire, dont une des culées, un obélisque porte-câble et une partie du tablier avaient été déjetés lors des dernières inondations. M. Yvert, après avoir décrit les circonstances de l'événement, détaille les moyens par lesquels il est parvenu à tout remettre en état en trois mois, sans accident, sans interrompre la circulation des piétons et des bateaux.

L'ordre du jour appelle ensuite la discussion sur les nouveaux projets de matériel roulant de M. Roy pour les chemins de montagne à petites courbes, dont il a été question dans une précédente séance.

M. Roy, prenant l'exemple d'une des sections nouvelles de la ligne du Grand-Central, établit la comparaison des frais de l'établissement qui ont été faits avec des courbes minima de 500 mètres, et de ceux auxquels on aurait pu se limiter avec des courbes de 120 mètres et l'application de son matériel roulant. On se souvient que le principe de celui-ci consiste en ce que 1° les essieux sont brisés, et, par suite, les roues à roulement indépendant; 2° les essieux peuvent se déplacer latéralement par rapport aux châssis du véhicule, entre des glissières en arc de cercle; de manière à ce que l'axe des essieux reste toujours normal aux rails, quel que soit le rayon de courbure; 3° l'attelage et le refoulement du train se font par un organe particulier dans l'axe des voitures.

Suivant M. Roy, le matériel roulant doit être fait pour la voie, et non la voie pour le matériel. Or, si, avec les tracés ordinaires, l'utilité du matériel qu'il propose ne s'explique pas, il est d'autre part évident qu'en certaines localités les chemins de fer ne peuvent être tracés à grandes courbes qu'avec des frais hors de proportions avec les revenus; ce qu'il convient alors de faire est de réduire le rayon des courbes, du moins jusqu'à la limite extrême de 100 mètres, au-dessous de laquelle la vitesse à faire prendre aux trains devient vraiment

trop restreinte, et de demander au matériel roulant les conditions de service sur ces lignes exceptionnelles. C'est de cette idée que M. Roy est parti dans ses projets de modification d'attelage et de glissières des plaques de garde; il développe la théorie de ces glissières, il relate les formules par lesquelles il a déterminé leur arc de courbure, et il termine en communiquant à la Société un numéro du journal anglais *L'Artisan*, en date du 1er mai dernier, dans lequel un M. Strong décrit un système de glissières exactement semblable au sien; dont la priorité d'invention ne saurait lui être contestée, puisque son brevet est daté du 28 mai 1856.

Un Membre croit devoir, au début de cette discussion, s'élever en général contre une idée trop souvent émise au sujet des tracés de voies, et qu'on pourrait indirectement conclure de ce que vient de dire M. Roy: c'est qu'un chemin de fer ne doit être tracé que là où il y a de suite bénéfice assuré pour les actionnaires, et que la voie doit être établie en raison de ces bénéfices, largement dans les contrées riches, économiquement dans les contrées pauvres offrant peu ou point d'industrie. Si ces économies de tracé restreignent les moyens d'exploitation et limitent le trafic, elles sont un malheur public: car, avant d'être une industrie privée, source de bénéfices actuels pour des actionnaires, les voies de transport existent dans un intérêt général et pour des avantages à venir évidents. Que des voies s'ouvrent là même où il n'y a pas d'industrie, que ces voies facilitent l'exploitation des richesses qui existent presque partout dans le sol, et l'industie naîtra sur son parcours.

Les faits à citer pour preuve de cette assertion abondent en France et à l'étranger. Mais c'est surtout en France, où, par notre position géographique, les lignes sont les voies naturelles du transit européen, que cette préoccupation première de bénéfices immédiats et à tout prix est une idée funeste.

M. Roy répond qu'il partage cet avis; mais que, s'il y a lieu de créer des chemins de fer sur une simple éventualité de bénéfices qui ne sont pas tout d'abord assurés, il y a bien des localités où les dépenses de tracé sont telles qu'on reculera indéfiniment tout projet d'établissement, tant qu'on ne trouvera pas un système de railway plus économique que celui qu'on pratique, et tel est le but qu'il s'est proposé de réaliser en étudiant son projet de matériel roulant.

Un autre Membre fait ensuite deux objections au système de M. Roy : 1° contrairement au système bien connu de M. Arnoux, les rails dirigent les roues, et, par conséquent, le moindre obstacle sur la voie, une de ces dénivellations sensibles qu'on ne peut pas toujours relever de suite sur un chemin de fer, suffiront pour amener un déraillement; 2° la mobilité latérale du véhicule sur ses essieux, jointe à l'attelage par l'axe sans tampon d'appui, fait craindre que le lacet ne soit très violent. Cet attelage par l'axe a existé à Saint-Germain dans l'origine; on a dû le remplacer.

M. Roy répond que, contrairement à ce qui existait dans l'attelage de Saint-Germain, les wagons, dans son système, sont rigidement reliés dans le sens transversal, et que dans son petit modèle (au 10e de la grandeur réelle), qui a

passé sous les yeux des ingénieurs, le déraillement ne s'est pas produit plus que le serpentement, et cependant les petits rails étaient loin d'être bien nivelés. Sans doute, l'essai en petit est insuffisant pour asseoir un jugement; mais ces petits essais ont été si multipliés, et tant de soins ont été mis à les comparer avec les résultats probables sur une grande ligne en service courant, qu'il croit pouvoir compter sur une sécurité et une stabilité égales à celles des véhicules ordinaires.

Un autre Membre cite en Angleterre et en Allemagne des attelages de wagons très libres et dans des conditions certainement inférieures au système de M. Roy, qui, même en grande vitesse, se comportent bien; l'exemple d'essieu ayant une sensible liberté de se mouvoir latéralement dans les plaques de garde est fréquent aussi. Les objections qui viennent d'être faites ne sont donc pas celles qui le frappent; mais il reproche à M. Roy de créer un matériel trop spécial pour une voie elle-même exceptionnelle. Les chemins de fer devraient être tels, dit-il, que tout wagon pût rouler d'un bout à l'autre du réseau sans transbordement de colis. Ce résultat est à peu près atteint en France; mais, si les projets de M. Roy prévalaient, il arriverait que, sur certains tronçons, les marchandises devraient être transbordées et subir toutes les chances fâcheuses que l'on connaît.

M. Roy répond que la question du transbordement n'a d'intérêt que pour les marchandises; que les wagons à marchandises de son système peuvent sans inconvénient circuler sur toutes les voies, et que, pour aller desservir, de tous les coins de la France, les lignes exceptionnelles qu'il propose en raison des conditions locales, il voudrait voir approprier selon son système tous les wagons à marchandises des autres lignes, au fur et à mesure du renouvellement du matériel.

Un Membre critique, dans les wagons de M. Roy, la brisure des essieux comme n'étant pas pratique, et, dans sa locomotive, l'accouplement des roues par une seule bielle, reliant en leur milieu les essieux, qui sont tous coudés et à tourillon sphérique d'une exécution difficile.

Un autre Membre répond, en ce qui touche ce dernier point, qu'on a souvent exécuté chez M. Cavé de semblables parties sphériques, au moins dans les coussinets et pour les plus grosses machines, locomotives ou marines.

Quant aux deux autres critiques, M. Roy répond que la brisure des essieux et l'accouplement des roues, dans la locomotive, par l'axe de la machine, loin d'être une condition *sine qua non*, ne sont que de simples solutions de détails que la réflexion lui a fait juger moins impossibles qu'elles ne paraissent, et auxquelles, d'ailleurs, il ne tient pas, bien convaincu qu'on peut en trouver d'autres pour atteindre le même but.

SÉANCE DU 19 JUIN.

Présidence de M. Ch. Callon.

M. Alcan entretient la Société de la machine à peigner les chanvre, lin, laine et coton, de M. Josué Heilmann, à laquelle la Société d'encouragement vient d'attribuer cette année le prix de 12,000 fr. fondé par le marquis d'Argenteuil pour récompenser la découverte industrielle la plus importante. Ce prix, qui se décerne de six en six ans, a été donné déjà deux fois depuis l'institution du legs : la première à M. Vicat, pour ses travaux hydrauliques, et la seconde à M. Chevreul, pour ses études sur les corps gras. La peigneuse de M. Josué Heilmann n'a pas eu de moins grands résultats que les deux premières découvertes.

Longtemps on fut obligé de pratiquer à la main cette opération préparatoire si importante du peignage des matières premières destinées à être filées et tissées; de nombreuses recherches ont été faites pendant trente ans pour créer une bonne peigneuse mécanique. On était à peine arrivé à un système de peignage spécial à chaque sorte de fil, quand, en 1844, M. Josué Heilmann, déjà créateur de machines aujourd'hui employées dans toutes les filatures, imagina sa peigneuse mécanique universelle, travaillant la laine comme le lin, le chanvre comme le coton, les déchets comme les plus longs fils de première main, avec une égale perfection et une économie de moitié, sans réduire cependant en rien le salaire des ouvriers. Cette peigneuse est aujourd'hui d'un emploi universel. Son introduction dans la filature n'est rien moins qu'une révolution; une seule maison d'Alsace lui a dû plus de 10 millions de bénéfices; enfin, si vous ajoutez que le cessionnaire anglais du brevet d'Heilmann a fait une bonne affaire en ne remboursant que 3 millions pour prix de la cession, c'est dire que peu d'inventions ont eu autant de résultats que la peigneuse mécanique d'Heilmann. Il est triste, ajoute M. Alcan, d'apprendre que cet illustre inventeur, dont le nom peut prendre place à côté de ceux de Philippe de Girard, Vaucanson et Jacquard, est mort pauvre et endetté. La Société d'encouragement a donc été heureuse de pouvoir au moins attribuer le prix à sa famille, aujourd'hui d'ailleurs riche de ses droits de brevet, et par conséquent en possession des bénéfices recueillis trop tardivement pour que leur auteur en ait pu jouir lui-même.

M. le Président remercie M. Alcan de sa communication, puis il entretient

la Société de l'explosion fulminante d'une chaudière à vapeur qui a eu lieu l'année dernière à Lille dans des circonstances singulières, qui viennent seulement d'être analysées par M. Ferdinand Mathias. Deux générateurs, l'un de 16 chevaux à 2 bouilleurs ordinaires, l'autre de 24 chevaux à 4 bouilleurs, desservaient ensemble la machine à vapeur d'une filature, et étaient réunis par le même tuyau alimentaire, l'une étant, ainsi que son niveau d'eau, plus haute que l'autre. La grande chaudière était pleine et à son état normal; des travaux opérés à la petite pendant la journée du dimanche offrent presque la certitude qu'elle était à sec; le lundi matin, le chauffeur vint allumer le fourneau, et deux heures après, la machine et l'atelier étant encore au repos, la petite chaudière faisait explosion et se brisait ainsi que ses deux bouilleurs en éclats, dont cinquante-six ont été retrouvés sans compléter la superficie des tôles. En même temps, la grande chaudière et ses quatre bouilleurs se déjetaient diagonalement du côté opposé à la direction des éclats de la première, en s'ovalisant par le contre-coup d'explosion et par un effet évidemment analogue au recul des armes à feu.

La mort du chauffeur et l'incendie total de la fabrique ont d'abord empêché de constater les causes du sinistre. M. Ferdinand Mathias, après avoir acquis la certitude que la chaudière éclatée était vide et l'autre pleine en même temps que plus élevée, en a conclu que cette chaudière chauffée à sec avait rougi; que l'eau de l'autre s'y était ensuite introduite par le tube alimentaire commun à branches inégales et jouant le rôle de siphon, et que cette introduction d'eau sur le métal surchauffé avait amené une de ces explosions foudroyantes qui se produisent en pareil cas.

M. le Président termine sa communication en montrant les plans où l'état des chaudières après l'événement est retracé.

La parole est ensuite donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des sociétaires, qui était au 19 décembre 1856 de 391
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de. 47

ce qui porte ce nombre, au 19 juin 1857, à 438
Démissionnaires et décédé. 5

Reste. 433

Les versements effectués pendant le 1er semestre 1857 se sont élevés à. 7,422 10
Il reste à recouvrer, en cotisations ou amendes. . . . . 9,176 »

formant le total de ce qui était dû à la Société. 16,598 10

Au 19 décembre 1856 le solde en caisse était de. 3,009 20
Les versements effectués pendant le 1er semestre 1857 se sont élevés à. 7,422 10

Total à reporter. 10,491 30

Report.	10,431 30
Les dépenses du 1er semestre 1857 se sont élevées à.	4,978 20
Solde en caisse au 19 juin 1857.	5,453 10

L'approbation des comptes du trésorier est mise aux voix et adoptée. M. le président remercie M. Loustau de son zèle et de sa bonne gestion.

L'ordre du jour appelle ensuite la lecture du rapport de la commission chargée d'examiner la demande de modification des art. 21 et 23 des statuts de la Société.

Après une discussion à laquelle prennent part divers membres, l'assemblée, consultée, maintient par son vote les articles en question.

SÉANCE DU 17 JUILLET 1857.

Présidence de M. Callon.

Il est donné lecture d'une lettre de M. Curtel, en réponse aux objections qui ont été faites, dans une des séances précédentes, à son mémoire sur la fabrication des rails.

M. Curtel signale d'abord une erreur qui s'est produite dans la discussion. Pour faire un rail de 6 mètres, on emploie une couverte de 1m.25 de longueur. La couverte, ayant 10 à 12 millimètres d'épaisseur, conservera encore à la surface du champignon 5 à 6 millimètres, et non 2 millimètres comme le dit le compte rendu.

M. Curtel ajoute qu'en proposant l'emploi de couvertes minces, il pensait rencontrer de l'opposition chez les maîtres de forges, mais non parmi les ingénieurs des compagnies. On objecte que la couverte mince se brûlera facilement; mais ceci est l'affaire du maître de forges, et l'agent de la compagnie, en mettant tous ces rails au rebut, le forcera bien à prendre des précautions pour ne pas brûler les couvertes; ce qui du reste ne sera pas difficile, car le fer à grains de bonne qualité supporte bien la chaleur.

On objecte encore que la couverte mince pourra se laminer et s'écraser. C'est ce qui arrivera en effet si elle est mal soudée; mais dans ce cas elle ne durera pas le délai de garantie, et le maître de forges sera forcé de remplacer le rail. Si elle est bien soudée, au contraire, et si elle est à grains, elle ne pourra pas s'écraser plus tôt que le reste du rail; elle s'usera de 2 à 3 dixièmes de millimètre par an, et le rail sera hors de service avant qu'elle soit complétement usée.

M. Curtel demande ensuite pourquoi les Compagnies exigent que la cou-

verte conserve 10 millimètres d'épaisseur sur le champignon; personne, dit-il, n'a pu lui en donner une raison satisfaisante. Quant à lui, il croit que cette condition est toute favorable au maître de forges, et qu'un rail, grâce à cette epaisseur de 10 à 11 millimètres, peut, sans pour cela être soudé, durer plus que le délai de garantie. Il ajoute que, si les maîtres de forges anglais emploient pour certains rails deux couvertes superposées, c'est tout simplement pour faciliter le travail.

Pour améliorer la fabrication des rails, *il faut d'abord et avant tout composer convenablement le paquet, et mettre en contact des fers qui puissent se souder.* Il y a peu de changements à faire aux cannelures, mais on doit proscrire l'emploi des cylindres de fort diamètre (60 centimètres par exemple).

M. Curtel ajoute que, selon lui, le fer pudlé est aussi résistant à l'usure que le fer corroyé une première fois, et il a de plus l'avantage de mieux se souder avec lui-même qu'avec le corroyé. Mais il faudra évidemment pour cette fabrication du fer de meilleure qualité; ce qui n'empêchera pas du reste de travailler pour le même prix. En effet, on compte en moyenne qu'il faut 1,200 kilog. de fonte pour 1,000 kilogrammes de rails. Cette marche suppose qu'on emploie 1,070 de fonte pour 1,000 kilogrammes de massiots. En fabriquant des rails avec du fer brut, on devra pudler avec plus de soin, et on marchera à 1,120 de fonte pour 1,000 de massiot, et il restera assez de marge pour ne mettre que 1,200 kilogrammes de fonte pour 1,000 kilogrammes de rails. Comme main-d'œuvre on économisera le corroyage des couvertes.

La composition du paquet avec des mises d'une seule pièce est une condition plus nuisible qu'utile, car la flamme ne pourra pénétrer à l'intérieur, et le paquet ne sera chauffé qu'à la surface.

En résumé, M. Curtel pense que les compagnies peuvent obtenir en France d'excellents rails; il suffit pour cela qu'elles s'entendent sur les procédés de fabrication : les maîtres de forges trouveront bien alors le moyen de fabriquer de bons produits.

M. H. Peligot, au nom de M. Faure et au sien, rend compte d'une visite faite pendant l'hiver de 1857 aux établissements de filature et tissage de lin de MM. Scrive frères, à Marcq et à Marquettes, près Lille (1).

M. H. Peligot exprime, en terminant, la satisfaction qu'il éprouve à pouvoir rendre hommage à l'ordre parfait et véritablement pratique qui a présidé à l'organisation des différents établissements de MM. Scrive, et se félicite d'avoir pu entretenir la Société de ces industriels, qui peuvent être rangés parmi les plus intelligents et les plus honorables de France.

M. Faure donne ensuite quelques détails sur les machines à vapeur qui mettent en mouvement les opérateurs de ces immenses ateliers. Il dit qu'après avoir accordé une préférence un peu exclusive peut-être aux machines horizontales, il a dû modifier son opinion en présence des résultats obtenus avec les machines à balancier installées chez MM. Scrive. Après les avoir examinées en détail et suivi leur marche avec attention, il a pu constater qu'elles fonctionnaient sans le plus léger bruit et avec une régularité parfaite. Il ne peut,

(1) Cette note a été publiée dans le Bulletin du 3e trimestre 1857.

du reste, que confirmer ce qu'a dit M. Peligot au sujet du soin qui a présidé à leur construction.

M. Goschler donne ensuite communication d'une note sur la construction du pont du Rhin à Cologne. — Cette note a été publiée dans le bulletin du 3e trimestre 1857.

Un Membre demande si l'on a un motif particulier pour séparer les poutres sur la pile du milieu et les rendre indépendantes. On se prive ainsi, dit-il, du bénéfice de l'encastrement, et, à égalité de résistance, on est obligé de donner aux poutres une section plus forte, et par suite un poids notablement plus considérable. Aussi le pont de Cologne pèsera-t-il 12 tonnes par mètre courant, tandis que celui de Langon, par exemple, ne pèse que 4,600 kilogr. Il est vrai que dans ce dernier la portée est un peu plus faible et qu'il n'y a pas de voie charretière.

M. Goschler répond qu'on a voulu ainsi éviter les mauvais effets résultant des variations de la température. Les poutres en tôle, dans leurs dilatations et contractions successives, entraînent les piles et leur donnent un mouvement d'oscillation qui compromet sérieusement leur solidité. L'emploi des rouleaux n'est pas suffisant pour empêcher ce résultat, car au bout d'un certain temps les rouleaux s'écrasent et ne fonctionnent plus.

Le même Membre répond qu'on peut calculer les rouleaux de manière à avoir un frottement aussi faible que possible, et que par suite l'écrasement n'est pas à craindre. Il ajoute qu'en Angleterre, au pont de Menai, construit dans ces conditions, aucun mauvais effet ne s'est produit.

Il demande ensuite dans quel but on a employé, pour les poutres de la travée du chemin de fer, deux parois verticales entretoisées qui prennent une largeur assez notable, ce qui est un inconvénient grave dans le cas actuel, où l'on est gêné pour la place. Il cite plusieurs ponts en Angleterre où une seule paroi latérale suffit parfaitement, bien que la portée soit encore plus grande qu'au pont de Cologne.

Sur la réponse que c'est pour empêcher les effets d'oscillation transversale, il ajoute qu'un entretoisement général eût été sous ce rapport beaucoup plus efficace, car la forme verticale est dans ce sens mauvaise.

La disposition qui consiste à isoler complétement la travée de la voie charretière de celle de la voie de fer lui paraît très discutable. On a voulu ainsi éviter, lorsqu'une seule travée est chargée, des tractions inégales et par suite des déformations. Mais, d'un autre côté, lorsque tout le système est convenablement relié, toutes les parties contribuent à la résistance, et chaque pièce n'ayant à supporter que la moitié de la charge pour laquelle elle a été calculée, résiste beaucoup mieux et ne risque pas de se déformer.

M. Goschler répond que les ingénieurs ne se sont pas seulement occupés des conditions de résistance, mais qu'il est probable qu'ils ont voulu donner à leur construction un aspect monumental; et ce qui tend à le prouver, c'est que dans le premier projet la travée la moins chargée, c'est-à-dire la voie charretière, était celle qui était à double treillis. Du reste, les plans qu'il a

présentés à la Société ne sont encore qu'à l'état de projet, et il est possible que l'exécution vienne les modifier.

M. Tardieu donne ensuite une analyse de deux livraisons du bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne.

M. Roy, revenant sur la discussion qui a eu lieu dans une des séances précédentes sur son système de chemin de fer, répond à quelques objections qui lui ont été faites. On a dit que la vitesse des convois n'y serait pas suffisante et ne différerait pas assez de celle qui existe sur les routes ordinaires ; mais, pour les marchandises d'abord l'objection n'existe pas : car actuellement sur tous les chemins de fer les marchandises ne font pas plus de 25 kil. à l'heure. Quant aux voyageurs, dans les pays de plaine, les voitures font jusqu'à 15 et 16 kil. à l'heure, et les chemins de fer environ quatre fois plus, soit 60 kil. La même proportion se retrouve dans les pays pour lesquels le chemin de fer de M. Roy peut être construit ; les voitures font de 8 à 10 kil. à l'heure, le chemin de fer en fera 32 à 40, c'est-à-dire aussi quatre fois plus.

On a paru craindre encore que la force centrifuge dans les courbes de petit rayon ne fût une cause de déraillement ; mais il est facile de voir qu'avec les vitesses adoptées on se trouvera dans les mêmes conditions que les chemins de fer ordinaires.

En effet, dans ces derniers la vitesse maximum par seconde est de $3^{m}.30$; le carré est de 10 environ, et en divisant par 500, qui est le rayon des courbes, on a environ 0.02, nombre proportionnel à l'action de la force centrifuge. Dans les courbes de 100 mètres, la vitesse maximum est de 1/40, le carré est de 2 environ, et en divisant par 100, on a 0.02. Ainsi l'action de la force centrifuge est à peu près la même dans une courbe de 500 mètres avec une vitesse de 23 lieues que dans une courbe de 100 mètres avec une vitesse de 10 lieues.

SÉANCE DU 21 AOUT 1857.

Présidence de M. Faure *vice-président.*

M. Le Président annonce que MM. Polonceau et de Ruolz ont été promus au grade d'officiers, et que MM. Callon, Deniel, Lecomte, ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

Il se rend l'interprète de la Société en exprimant la sympathie avec laquelle elle accueille ces distinctions ; il insiste sur la nomination de M. Callon, notre

honorable président, certain que la Société partage les sentiments qu'il exprime. M. Faure croit devoir faire remarquer, en outre, que le titre de président de la Société des ingénieur civils est rappelé dans le décret relatif à la nomination de M. Callon. Ce précédent doit être signalé, puisqu'il est en même temps une consécration, venue de haut, pour les travaux de la Société. M. Faure tient à dire, en outre, qu'il est heureux, en occupant le fauteuil aujourd'hui, de pouvoir accomplir vis-à-vis de notre honorable président un acte d'affection toute spéciale.

L'ordre du jour appelle une communication de M. Benoist-Duportail sur les robinets-vannes, dits obturateurs à diaphragme, de M. Siéber.

M. Siéber attribue à deux causes les dérangements qui peuvent survenir dans les robinets des divers systèmes employés jusqu'ici pour les conduites d'eau, de vapeur ou de gaz, savoir :

1° L'usure irrégulière des surfaces métalliques ajustées, par l'action physique des particules terreuses en suspension dans le liquide ;

2° L'action chimique produite sur la fonte, quand les surfaces rodées restent un certain temps à découvert et en contact avec les liquides.

Il a cherché à atténuer la première cause en donnant au siége et à la valve une certaine élasticité qui pût faire contribuer le frottement au rodage régulier des surfaces, et il cherche à faire disparaître la seconde, au moins en partie, par une disposition telle, que les surfaces de recouvrement ne puissent pas se trouver à découvert, lors même que l'appareil resterait la plupart du temps ouvert ou fermé.

Les obturateurs à diaphragmes auxquels M. Siéber a été conduit par ces considérations se composent essentiellement de trois parties :

1° Un diaphragme, simple plaque en bronze ou en alliage de plomb et d'étain, qui se manœuvre au moyen d'une tige extérieure et glisse entre deux platines ;

2° Deux platines, dont les surfaces de contact sont rodées avec le diaphragme et dont les faces extérieures présentent chacune une gorge elliptique ;

3° Deux rondelles en caoutchouc à section circulaire, qui se placent dans les gorges des platines contre les parois de la boîte renfermant tout le système.

La boîte est simplement formée de deux joues en fonte portant des tubulures à bride du diamètre de la conduite et assemblées par des boulons qui exercent un certain serrage sur l'ensemble des parties ci-dessus indiquées.

Les rondelles en caoutchouc, en même temps qu'elles tiennent les platines en contact avec le diaphragme, forment un joint hermétique entre les platines et la boîte.

M. Benoist-Duportail donne ensuite l'analyse du bulletin de janvier de la Société d'encouragement.

M. le baron Silvestre a fait un rapport très intéressant sur la lampe à *modérateur-régulateur* de M. de Trouon. Il rappelle les inconvénients qui existent dans les lampes à modérateur Franchot actuellement en usage, par suite de l'imperfection de l'exécution du mécanisme : on est obligé de faire arriver l'huile en excès dans le réservoir supérieur, parce qu'il est impossible

de régler rigoureusement les orifices d'écoulement et la force des ressorts, et que, d'ailleurs, la qualité de l'huile est variable et que le tube d'ascension est sujet à s'engorger; il en résulte que la durée de l'alimentation est bornée à cinq ou six heures.

M. Trouon s'est proposé de faire disparaître ces inconvénients en employant un modérateur qui va en s'aplatissant légèrement vers la partie inférieure : de cette façon, la quantité d'huile élevée, qui doit être en moyenne de 35 gouttes par minute dans les lampes de grandeur ordinaire, peut varier de 25 à 45 gouttes, suivant que l'étranglement de l'orifice est plus ou moins considérable. On dispose ainsi d'une latitude assez étendue pour parer à toutes les éventualités, et la durée de la marche peut être portée à dix ou douze heures.

Notre honorable vice-président, M. Faure, a donné dernièrement des détails techniques et historiques sur la soupape en caoutchouc de M. Perreaux. Cette soupape est formée d'un tube cylindrique creux, en caoutchouc vulcanisé, muni soit d'une, soit de deux brides ou rebords venus au moulage avec le corps lui-même; elle se termine à la partie supérieure par deux plans obliques convergeant suivant un diamètre, et est fendue suivant la ligne d'intersection de manière à présenter une disposition analogue à celle des valves d'échappement employées dans les locomotives. Les deux lèvres ou valvules se dilatent et l'orifice s'ouvre quand la pression agit intérieurement; elles se resserrent et l'orifice se ferme quand la pression agit extérieurement.

En appliquant cette disposition aux pistons, M. Perreaux est arrivé à construire des pompes très économiques (le prix des pompes domestiques ordinaires est de 115 à 125 fr.), faciles à visiter et à entretenir, et qui se trouvent dans les conditions les plus satisfaisantes de solidité et de durée.

Le rapporteur est entré dans des considérations délicates et pleines d'intérêt sur les détails habilement combinés de construction.

Il a donné également la description de la soupape de M. Jobard, qui ne diffère de celle de M. Perreaux que par la forme ellipsoïde qu'elle présente à la partie supérieure.

Quant à la question de priorité que revendiquent les deux inventeurs, M. Faure fait judicieusement remarquer qu'elle tombe tout naturellement, en se rappelant que les deux inventions ne remontent qu'au commencement de 1855, et que, dans une addition prise en 1852 à un brevet principal de 1850, M. Letestu décrit un système de soupape qu'il a obtenu au moyen d'un fragment de tube en caoutchouc dont la partie supérieure, refendue suivant deux génératrices opposées, forme deux lèvres ou valvules destinées à s'appliquer l'une contre l'autre.

Le même bulletin de janvier contient également un mémoire extrait des *Annales des mines* (t. IX, p. 53) de 1856, relatif à la substitution de la houille au coke dans les machines locomotives, par MM. Commines, de Marsilly et Chobrzynski.

Aujourd'hui, un grand nombre de locomotives marchent à la houille au chemin de fer du Nord et au chemin de fer d'Orléans.

Après avoir examiné les tentatives à peu près infructueuses faites à différentes époques, en Angleterre, en Allemagne, en Belgique et en France, dans le même but, le mémoire entre dans diverses considérations sur les conditions de la combustion sur les grilles ordinaires et sur les grilles à gradins.

Notre Société s'est déjà occupée de cette question, et nous connaissons tous la grille à gradins au moyen de laquelle ces deux habiles ingénieurs sont parvenus à faire la substitution; M. Benoist-Duportail ne reviendra pas sur leur description; il ajoute seulement que, pour éviter la production d'une certaine quantité de fumée pendant les stationnements, on fait arriver maintenant dans le bas de la cheminée un petit tuyau d'injection de vapeur muni d'un robinet pour permettre d'en régler l'emploi.

Les houilles que l'on a employées avec succès sont les houilles grasses et demi-grasses de Charleroy, toutes les houilles du bassin de Mons, celles d'Anzin et de Denain, les houilles grasses de Newcastle et les houilles demi-grasses de Cardiff; elles sont à l'état de gros ou de gailleterie. Pour employer les houilles maigres ou anthraciteuses, il faudrait augmenter les dimensions du foyer et la puissance du tirage.

Afin d'obtenir des résultats comparables sur la consommation de la houille et du coke, on a fait marcher des locomotives de même système, appartenant au même dépôt, se trouvant par conséquent dans des conditions identiques, les unes à la houille et les autres au coke.

L'économie que l'on a obtenue par l'emploi de la houille au chemin de fer d'Orléans s'est élevée à 21 0/0 dans certains dépôts, mais elle a été nulle dans quelques autres. Cette différence dans les résultats obtenus vient de ce que, dans les uns, la houille était de meilleure qualité que le coke, tandis que, dans d'autres, le contraire avait lieu.

Au chemin de fer du Nord, où l'application des grilles à gradins a été faite sur une très grande échelle, l'économie a été de 20 à 27 0/0, et l'économie totale a été de 149,087 fr. pour les neuf derniers mois de l'année 1856.

M. Benoist-Duportail remet à la Société un exemplaire d'un mémoire sur la fabrication des boulons, harpons, écrous, clefs, rondelles, goupillons, clavettes, etc., qu'il a publié dans le journal *le Technologiste*. Ce mémoire est renvoyé à l'examen de M. Nozo, qui voudra bien en même temps rendre compte de la communication de M. Benoist-Duportail sur la fabrication des essieux.

M. le Président remercie M. Benoist-Duportail de son active coopération aux travaux de la Société.

M. de Branville donne lecture d'une note sur le système de télégraphie sous-marine de M. Balestrini.

M. Balestrini, à qui l'on devait déjà l'idée des télégraphes souterrains appliqués avec succès en Angleterre et au Brésil, ne s'est pas borné à l'étude d'un câble exempt des inconvénients que présentent les câbles qu'on emploie aujourd'hui; il a cherché des moyens pratiques pour établir des embranchements sur des lignes déjà posées et pour diminuer l'importance des ruptures de câble

à l'approche des côtes, en localisant, pour ainsi dire, l'interruption du circuit.

Le câble de M. Balestrini est disposé de la manière suivante :

Autour d'une mèche de chanvre de 0m.003 de diamètre, on enroule trois fils de cuivre de 0m.001 de diamètre, destinés à la décharge de l'électricité d'induction qui se forme sur l'enveloppe des fils de transmission ; sur cette mèche on dépose en spirales les voies électriques, composées chacune d'un fil de cuivre de 0m.0015 de diamètre, recouvert d'une double gaîne de gutta-percha.

Ce câble électrique devient la mèche d'un câble en chanvre composé de huit torons de 0m.005 de diamètre, tordus en sens contraire des voies électriques et rendus préalablement imperméables par un enduit à base de caoutchouc. Le câble est ensuite recouvert d'une bande de toile imperméable que l'on roule en sens contraire des torons de chanvre, et qui est destinée à empêcher la détorsion et à protéger le chanvre contre les frottements pendant le transport et la pose.

Tel est le câble destiné à être posé dans les profondeurs dépassant 400 mètres. Pour les endroits moins profonds, le câble est protégé par une armature composée de quatre fils de fer galvanisés.

M. de Branville discute les avantages particuliers à ce câble et qui peuvent se résumer ainsi : résistance à la détorsion ; flexibilité permettant d'enrouler le câble sur des treuils et rendant ainsi la pose plus facile ; résistance à l'extension, qui, d'après les expériences de M. de Branville, atteint 1,200 kilogr., de façon que, dans une eau très calme, le câble des faibles profondeurs pourrait atteindre 1,200 mètres et celui des grandes profondeurs, 12,000 mètres ; transmission plus facile du courant par suite de l'écoulement des courants induits par les fils de décharge.

Un problème important à résoudre dans l'établissement d'un câble sous-marin reliant un grand nombre de points, consisterait à pouvoir établir des embranchements et à empêcher qu'à l'approche des côtes la rupture des câbles ou des fils terrestres ne fût une cause d'interruption pour toute la ligne.

M. Balestrini emploie pour cela un appareil qu'il appelle station sous-marine, au moyen duquel le circuit est ainsi disposé : le câble de la ligne ne vient pas à la côte, il en passe à quelques centaines de mètres, suivant la nature du fond et la profondeur ; arrivé au point où l'on veut prendre terre, on interrompt la ligne ; les deux bouts que l'on obtient se raccordent au moyen de la station, 1° avec un câble allant à terre, 2° avec des bobines sur lesquelles est enroulée une longueur de fil présentant une résistance double à peu près de celle du circuit allant au poste terrestre ; l'emploi de ces bobines est une application du principe des courants dérivés.

Après quelques détails sur la construction de la station sous-marine, la note de M. de Branville indique une disposition due à M. Balestrini pour garantir un câble mouillé sur un bas-fond de galets ou de roches : c'est un chapelet d'amarrage dont les grains en fonte sont reliés par trois ou quatre tiges en fer noyées dans la fonte ; les bouts de ces tiges de fer, recourbés en maillons, s'en-

chaînent les unes dans les autres ; le câble devient le fil de ce chapelet, dont les deux extrémités sont solidement ancrées sur le fond.

M. de Branville indique que les sondages constituent une des opérations importantes de la pose des câbles sous-marins. Il se propose de communiquer à la Société une note sur l'ensemble de ce travail de pose, mais il croit devoir présenter dès aujourd'hui un modèle d'une sonde basée sur un principe nouveau. Le câble qui supporte cette sonde renferme les deux fils conducteurs d'un circuit électrique ; quand la sonde touche le fond, le circuit est coupé par le jeu d'un interrupteur à piston, et on en est averti sur le pont du navire par une sonnerie, en même temps qu'un embrayeur électrique arrête l'un des deux compteurs sur lesquels passe le câble : il suffit alors de remonter la sonde jusqu'à ce que la sonnerie cesse de fonctionner et que le second compteur indique le même chiffre que le premier.

Sur l'objection que l'interruption du courant peut survenir par un obstacle quelconque, M. de Branville répond que la sonde continuant à descendre, le circuit se refermerait et la sonnerie cesserait de fonctionner, ce qui serait un avertissement suffisant. Il signale un inconvénient résultant de l'interruption incomplète du courant par suite de la conductibilité de l'eau de mer, et indique qu'on y pourra remédier en remplissant la sonde avec de l'huile.

On observe que l'appareil présente, relativement à son poids, une grande surface à l'action des courants, ce qui pourrait produire des déviations et influer sur les résultats des sondages.

M. DE BRANVILLE répond que cet inconvénient est commun à toutes les sondes, et que d'ailleurs l'appareil sera réduit au plus petit volume possible.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. de Branville et l'invite à tenir la Société au courant des travaux de pose du câble transatlantique qui s'exécutent en ce moment. M. de Branville compte en parler dans la note dont il a annoncé la prochaine communication.

M. GOTTSCHALK donne lecture d'une note de lui et de M. Gajewski sur le viaduc de Krumlin. (Cette note a été publiée dans le Bulletin du 3e trimestre 1857.)

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gottschalk et M. Gajewski de leur intéressante communication.

SÉANCE DU 18 SEPTEMBRE.

Présidence de M. Ch. CALLON.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société qu'à la suite de l'inauguration du chemin de fer du camp de Châlons, l'Empereur a nommé officier de la Légion d'honneur l'ingénieur éminent qui fut le maître aimé et estimé de la plupart

d'entre nous, M. Perdonnet, président honoraire de notre Société. — A cette même occasion, un autre membre de la Société, M. Martin, ingénieur de la Compagnie de l'Est, a reçu la décoration de chevalier du même ordre. — C'est avec le plus grand empressement et le plus grand plaisir que le président se rend l'interprète des sentiments de la Société dans cette circonstance.

M. LE PRÉSIDENT rend compte à la Société d'un mémoire de M. Belgrand, ingénieur en chef du service *hydrométrique* du bassin de la Seine, inséré dans le dernier numéro des *Annales des ponts et chaussées*, travail qui acquiert un caractère d'importance tout particulier dans un temps où l'on se préoccupe des moyens d'empêcher, ou tout au moins d'atténuer les désastres dus au fléau des inondations.

L'objet principal du mémoire de M. Belgrand est d'exposer les résultats des observations faites pendant une année (du 1er mai 1854 au 30 avril 1855) sur les variations de niveau en 49 points déterminés de la Seine et de ses divers affluents, afin d'en conclure la possibilité de *signaler* avec certitude l'*arrivée* des crues, et, jusqu'à un certain point, de *prédire* leur *intensité*.

Le caractère distinctif d'un cours d'eau dépend de la nature des terrains qui l'alimentent. Les terrains *imperméables* donnent naissance à des cours d'eau extrêmement *ramifiés* et à régime *torrentiel*, dont l'*origine* ou la *source* est pour ainsi dire indéterminée; circonstances qui résultent précisément de ce que la presque totalité des eaux pluviales, tombant sur un sol imperméable, sont obligées de couler à la surface, le moindre ravin, fossé ou sillon devenant alors temporairement un cours d'eau véritable. — Les terrains *perméables*, au contraire, produisent des cours d'eau *très clairsemés* à régime *tranquille*, et dont la source, souvent considérable, est parfaitement définie et reçoit même parfois un nom spécial.

Ainsi, *Somme-Suippe*, *Somme-Vesle*, désignent la source de la *Suippe*, de la *Vesle*, etc.

Dans les cours à régime *torrentiel*, les crues sont très intenses, mais de peu de durée. Dans les cours d'eau à régime *tranquille*, elles sont peu prononcées, mais elles durent longtemps.

Ainsi, dans le bassin de la Seine, l'Yonne et la plupart de ses affluents ont à un haut degré les caractères des premiers. — La Seine, en amont de Bray, est, au contraire, un cours d'eau éminemment tranquille, dont les crues atteignent à peine 0m.200.

Cette distinction faite, on peut résumer ainsi qu'il suit les observations de M. Belgrand et les conclusions auxquelles elles le conduisent.

Petits cours d'eau. — L'inspection attentive de l'ensemble des courbes qui expriment leurs variations de niveau pendant l'année en question permet de poser les règles suivantes, en ce qui concerne du moins le bassin de la Seine.

Les cours d'eau de ce bassin entrent tous en crue *en même temps*; mais on le comprend aisément, il y a de grandes différences, d'un cours d'eau à l'autre, dans l'*intensité* de la crue. Ainsi, le 15 juin 1854, la Marne éprouvait une

crue considérable, alors que l'Yonne ne montait que de quelques centimètres; le 15 août suivant, c'était le contraire.

En thèse générale, les *torrents* peuvent s'élever à une grande hauteur, et les cours d'eau *tranquilles* rester presque stationnaires.

Les crues des ruisseaux sortant des sables de Fontainebleau ou des calcaires de Beauce sont presque nulles.

Les torrents atteignent leurs maxima *plusieurs jours avant* les cours d'eau tranquilles; en d'autres termes, leurs crues passent les premières à Paris, à distance égale. — Ils peuvent même éprouver quelquefois plusieurs crues successives avant qu'il y en ait une sensible dans les ruisseaux de la Champagne par exemple. — D'où il résulte que l'observation des variations de niveau des cours d'eau torrentiels est celle qui importe le plus à l'objet que l'on a ici en vue.

Etat de l'eau. — Les objections journalières partent non-seulement sur la hauteur des eaux à chaque station hydrométrique, mais encore sur leur degré de limpidité ou de trouble; et, à cet égard, voici quelques faits dignes d'attention.

Et d'abord, pour les terrains *imperméables*, il y a une distinction à faire. S'il s'agit du *granit*, par exemple, l'eau *se trouble* à l'origine de la crue; mais elle devient *promptement louche*, puis *limpide*.

Dans le *lias*, la *craie inférieure*, etc., l'eau reste longtemps trouble. Cette différence résulte de celle qui existe dans la nature des matériaux entraînés. Mais, d'une manière générale, toute crue dans un torrent est accompagnée d'un trouble notable de ses eaux.

Dans les terrains *perméables*, il peut arriver que les eaux soient toujours louches (ruisseaux de la craie de Champagne); mais cet état est dû à la nature du fond et est, par conséquent, indépendant de la question des crues.

Ce cas particulier écarté, les cours d'eau *tranquilles* n'éprouvent, *par l'effet de leurs crues*, que des *troubles* dont la durée est courte parce qu'elle est limitée à celle de l'écoulement dans les fossés, égouts, etc., de la portion des pluies qui n'a pu pénétrer dans le sol. Exemple : la *Somme-Soude* (craie) n'a éprouvé que deux jours de trouble en six mois d'hiver.

L'*Essonne* (sables de Fontainebleau), huit jours en trois mois d'hiver.

En thèse générale, l'eau des *torrents*, en crue, est d'autant plus trouble qu'on la considère plus près de sa source. C'est le contraire pour un cours d'eau à régime *tranquille*.

Seine et ses grands *affluents*. — Les faits qui ressortent de l'inscription des tableaux dressés par M. Belgrand sont les suivants :

En aval de Montereau, c'est-à-dire après la jonction de l'Yonne et de la Seine, celle-ci prend le caractère d'un cours d'eau *mixte*, dont les crues sont représentées par les courbes offrant de nombreuses *pointes*. En aval de Charenton, c'est-à-dire en aval du confluent de la Marne, elle prend son caractère définitif, qu'elle ne perd plus jusqu'à Pont-de-l'Arche, point où la marée commence à se faire sentir.

A distance égale, les crues torrentielles passent à Paris avant les crues tranquilles.

Exemple : Le maximum d'une crue du *Cousin*, dans le Morvan, se fait sentir à Paris avant celui d'une crue de l'*Essonne*.

Quand la Seine monte à Paris six à huit jours de suite, c'est l'indice de deux crues successives dans le haut du pays. — Si elle monte neuf à douze jours de suite, c'est l'indice de trois crues, et ainsi de suite.

Or, comme en été les crues *successives* des affluents sont rares, tandis qu'elles sont fréquentes en hiver, il résulte de ce fait, — combiné avec celui de la superposition des crues à Paris, où le fleuve monte d'une manière presque continue comme s'il éprouvait une crue unique, — il en résulte, disons-nous, que la hauteur maximum des crues de Paris, de juin à octobre, ne dépasse pas 3m.60, tandis qu'elle arrive à 7 mètres et plus dans les autres mois de l'année.

En choisissant avec discernement parmi les 49 stations précitées, 7 stations appartenant à des cours d'eau torrentiels, on arrive, par l'étude des courbes résultant des observations, aux conclusions suivantes :

1° Lorsqu'une crue arrive à Paris par des eaux *étales* ou déjà croissantes, sa montée au Pont-Royal est égale au double de la montée moyenne des sept affluents choisis;

2° Lorsqu'elle arrive par des eaux décroissantes, on peut annoncer, au Pont-Royal, une montée égale à la montée moyenne en question, si celle-ci est forte (1m.00 par exemple,;

3° Dans le même cas, si la montée moyenne est faible, on ne peut annoncer rien de plus précis que : *faible crue*, ou *temps d'arrêt* dans la décroissance;

4° Enfin, dans les grandes crues, aucun rapport à peu près constant ne paraît se révéler; ce qui doit être attribué à l'influence des débordements en amont.

A l'aide de ces résulats, M. Belgrand, au moment où il rédigeait son mémoire, avait déjà pu signaler trente-huit crues avec assez d'exactitude et assez à temps pour influer favorablement, à Rouen, sur le chargement des bateaux en remonte.

Voici d'ailleurs un exemple du degré d'exactitude qu'on peut espérer à cet égard.

GRANDE CRUE.	MAXIMUM calculé.	MAXIMUM réel.	ERREUR.
Du 17 mai 1856	5m.47	5m.70	0m.23 en moins.
Du 4 juin »	5m.16	4m.98	0m.18 en plus.

En terminant cette analyse du Mémoire de M. Belgrand, M. le président cite un fait curieux consigné dans ce mémoire : c'est que, depuis deux cents ans, les crues *extraordinaires* de la Seine vont constamment en décroissant (de 9m.01 à 7m.32).

Ce fait, qui est contraire aux idées généralement reçues aujourd'hui, paraît devoir s'expliquer par l'existence, à une certaine époque, sur les rivières, d'obstacles artificiels aujourd'hui disparus ou diminués. (Exemple : chute du pont Vernon, trois fois en huit ans, dans le 17e siècle).

M. Laurent signale ensuite à l'attention de la Société un article publié dans les *Nouvelles Annales de la construction* sur le puits foré de Passy et l'édifice qui doit surmonter ce puits. D'après cet article, la profondeur présumée du forage serait de 550 mètres; M. Laurent, s'appuyant sur le traité passé par la ville, établit que cette profondeur doit atteindre au moins 575 mètres, et il arrive même au chiffre de 587 mètres, en prenant le puits de Grenelle pour terme de comparaison.

M. Laurent reconnaît que *l'édifice projeté* pour surmonter le puits serait d'un aspect très satisfaisant, mais il pense que les dimensions n'en peuvent être déterminées avant que le puits soit terminé et que des expériences aient été faites sur son rendement. Il est impossible de fixer ainsi à l'avance la hauteur de la colonne d'eau. On n'a pas connaissance, jusqu'à présent, que deux puits, même dans des conditions identiques, aient donné des résultats semblables. Bien qu'on soit en droit d'attendre d'un puits poussé jusqu'à 25 mètres dans les sables et les grès verts une grande masse d'eau douce d'une force ascensionnelle très puissante, il est possible que la disposition du terrain sous Passy amène des mécomptes; que l'eau, s'écoulant même avec une grande force au niveau du sol, ne donne qu'un volume excessivement réduit à 23m.50, hauteur de l'édifice. De nombreux faits confirment cette opinion.

M. Pérignon lit une note sur la *machine à vapeur locomotive* à chemin de fer sans fin, de Boydell, qu'il a vue fonctionner vers la fin de juillet dernier au concours de la Société royale d'agriculture, à Salisbury, près Southampton.

Quoique cette exposition renfermât au moins quarante machines à vapeur en action, et au moins autant en exposition sous les tentes, un seul fait, au point de vue de la mécanique agricole, présentait un grand intérêt, tant par sa nouveauté que par les services qu'il est appelé à rendre à l'agriculture et à l'industrie. C'est la tendance, bien constatée aujourd'hui en Angleterre, à convertir les machines seulement locomobiles en locomobiles et locomotives en même temps. Cinq ou six machines établies sur ce principe fonctionnaient déjà à Salisbury; la plupart transmettaient le mouvement de l'arbre moteur aux roues de la machine, au moyen de courroies ou de chaînes de galle avec ou sans engrenage intermédiaire. Un embrayage permettait de faire fonctionner comme locomobile ou locomotive.

Celle de toutes ces machines qui excitait au plus haut degré la curiosité du public était celle de MM. Boydell, désignée sous le nom de *machine locomotive à rails sans fin*. Cette machine roule sur des plateaux en bois à chacun

desquels est boulonné un rail ; ces plateaux sont fixés à articulation sur la jante des roues ; ils ont 0m.40 de large sur 0m.80 à 0m.90 de long ; ils sont solidement ferrés, et l'articulation qui les réunit aux jantes leur permet de prendre toutes les inclinaisons relativement à la roue, et, par conséquent, de fonctionner dans des terrains garnis de pierres ou d'inégalités.

La machine est portée sur quatre roues munies du chemin de fer sans fin ; elle repose sur l'avant train par l'intermédiaire d'une forte flèche qui se termine par une fourche en fer à branches écartées de 0m.50 à 0m.60. Ces branches viennent saisir les deux extrémités d'une forte cheville ouvrière verticale, qui se prolonge en dessous de l'essieu ; cette cheville ouvrière est filetée, et l'essieu lui sert d'écrou. La partie supérieure de la vis est prolongée par une tige, et un tourne-à-gauche, placé sur cette tige à portée du pilote, permet à celui-ci d'élever ou d'abaisser l'avant de la machine, en tournant la vis à droite ou à gauche.

Ce mécanisme, très simple et très bien disposé, sert à maintenir la chaudière dans une position horizontale, quelle que soit l'inclinaison du terrain sur lequel reposent les roues. M. Boydell évite ainsi de découvrir le ciel de son foyer et de brûler sa chaudière, lorsqu'il monte ou descend les plans inclinés.

L'avant-train pivote autour de cette vis de relevage comme cheville ouvrière. Le pilote dirige cet avant-train au moyen d'un timon de 2 mètres de long fixé sur l'essieu d'avant. Des chaînes partant de l'extrémité du timon passent à travers des poulies de renvoi et viennent s'enrouler sur le treuil d'une roue de gouvernail ordinaire. En tournant la roue, on fait dévier l'avant-train dans le sens voulu.

La chaudière n'a rien de particulier : c'est une chaudière de locomotive ordinaire ; elle marche à six atmosphères, ce qui est assez rare en Angleterre, surtout pour les machines agricoles, qui toutes fonctionnent à quatre atmosphères au maximum. Un constructeur anglais a assuré à M. Pérignon qu'il n'allait pas plus haut, afin d'avoir un maximum de légèreté. Cette raison est mauvaise, car les machines de ce constructeur pèsent plus, à force égale, que les machines françaises marchant à sept atmosphères.

L'appareil moteur de M. Boydell est établi sur le type des locomotives ; il est à deux cylindres adossés à la cheminée, et muni de coulisses de Stephenson, pour marcher en avant ou en arrière ; il peut développer environ 20 chevaux. L'arbre moteur porte d'un côté une poulie de transmission, de l'autre un pignon qui, au moyen d'une roue dentée intermédiaire, communique le mouvement à un engrenage boulonné sur les rayons de la roue d'arrière de droite. M. Pérignon critique ce système de transmission sur une seule roue, qui est défectueux, parce qu'il oblige à tourner toujours dans le même sens.

Dans une machine munie des roues de M. Boydell, que M. Pérignon a vue en montage chez un mécanicien anglais, ce vice avait été corrigé avec soin. Les deux roues d'arrière pouvaient servir de moteur simultanément ou séparément. La roue intermédiaire a été employée afin de pouvoir faire varier la vitesse relative de la machine et des roues, et de pouvoir enlever de très fortes charges sans accélérer outre mesure le mouvement des machines. On

change cette roue intermédiaire selon l'effort de traction que l'on veut produire. M. Boydell a assuré que, sur les routes, il marchait à la vitesse de deux lieues à l'heure, mais que jamais il n'avait pu soutenir cette vitesse, parce qu'il était obligé d'arrêter toutes les fois qu'il rencontrait un cheval, sous peine de rendre le pauvre animal fou de frayeur. Il faut, pour rendre justice à la machine, dire qu'outre son aspect extraordinaire, surtout en marche, l'échappement est tellement fort qu'il s'entend à un quart de lieue. Cela tient probablement à ce que M. Boydell ne détend pas, en sorte que la vapeur, au moment de l'échappement, sort des cylindres avec une pression et une vitesse très considérables.

Sous la machine est placé un réservoir pour l'eau alimentaire. Outre ce réservoir, lorsque la machine va travailler, elle traîne un tender pouvant contenir 5 à 6 mètres cubes d'eau et tous les instruments d'agriculture dont elle se sert; elle laisse ce tender dans un coin du champ où elle travaille, et, de temps en temps, vient remplir son petit réservoir alimentaire.

Cette machine, sans tender, pèse 10,000 livres (4,530 kilogrammes), d'après M. Boydell; M. Pérignon croit qu'il s'est trompé, et que c'est 10 tonnes avec le réservoir d'eau alimentaire.

Elle coûterait, sans tender, 650 livres, soit 16,000 fr. en nombre rond, prise à Londres.

M. Boydell autorise à construire de ses roues moyennant 500 fr. par roue.

M. Pérignon a vu fonctionner cette machine pendant quatre ou cinq jours, et il dit qu'elle s'est parfaitement comportée dans toutes les épreuves qu'on lui a fait subir. Elle a surtout servi à labourer. Trois charrues à double soc étaient attachées derrière la machine au moyen de chaînes. Ces six socs retournaient une largeur de terre de 1m.50 à la fois; la longueur parcourue était de 85 mètres, plus un tournant de 20 mètres; le temps employé, deux minutes; la profondeur du labour, 18 à 20 centimètres.

M. Pérignon a relevé ces mesures lui-même au mètre, excepté la longueur parcourue, qu'il a mesurée au pas.

La surface labourée à l'heure serait de 3,800 mètres.

Et, par jour, en évaluant le travail effectif à huit heures, la surface labourée serait de 3 hectares.

Le labour était très bon, comme terre labourable; mais les sillons n'étaient pas parfaitement alignés: cela provenait, sans doute, de l'inexpérience des laboureurs qui conduisaient les charrues.

La machine se manœuvrait avec une facilité remarquable, et il fallait marcher un bon pas pour la suivre. M. Pérignon l'a vue remonter avec facilité, pour se rendre au champ de labour, une pente inclinée au 1/4 ou au 1/5e sur 250 ou 300 mètres, traînant après elle son tender plein d'eau et tous les curieux qui pouvaient trouver place dessus. Tous les soirs elle allait faire de l'eau dans la vallée, et remontait le matin au champ d'expérience, placé sur une hauteur.

Toutes les personnes avec lesquelles M. Pérignon en a causé s'accordaient à dire que la question du labourage à la vapeur avait fait un grand pas; il le

pense aussi, mais il voudrait voir fonctionner la machine dans les terres argileuses et humides; il craint que les rails mobiles ne suffisent pas pour empêcher la machine d'enfoncer dans la terre, et qu'en tout cas ils ne se couvrent tellement de crotte qu'ils ne puissent plus fonctionner. Cependant la machine peut sortir victorieuse de ces épreuves. M. Boydell a eu des roues de canons, montées avec son système de chemin de fer sans fin, qui ont servi en Crimée, et sa machine a servi à remuer des canons dans l'arsenal de Woolwich, à la même époque.

M. Pérignon donne ensuite lecture d'une note sur le vaisseau *Great-Eastern*, en construction à Londres.

Après avoir rappelé les principales dimensions et les aménagements de ce bâtiment, d'après la notice publiée en Angleterre, il discute l'utilité de la voilure. Il pense que c'est à tort qu'on a surchargé ce navire d'une masse de mâts, vergues, cordages, etc. En effet, bien rarement la brise sera assez forte pour dépasser la vitesse du navire; elle sera donc inutile comme moteur. Comme moyen d'augmenter la stabilité, les voiles peuvent être utiles à un navire ordinaire; mais avec les dimensions de celui-ci, les plus grosses lames le remueront à peine. Pour gouverner, les voiles sont également peu utiles : ne serait-il pas bien plus simple de faire tourner l'une des roues en avant, l'autre en arrière, et les voiles ajouteront-elles beaucoup aux 2,000 ou 3,000 chevaux employés alors pour produire un mouvement de rotation? Leurs avantages seront donc minimes, tandis qu'avec un grand vent debout, les mâts, vergues, etc., opposeront un obstacle sérieux à la marche.

Les bateaux de service sont au nombre de vingt. En outre, il y a deux petits steamers à hélice, de 60 à 70 tonneaux, suspendus derrière les roues à aubes et qui serviront à amener les passagers et les marchandises des quais d'embarquement jusqu'au navire.

Les soutes à charbon peuvent contenir 12,000 tonnes; elles environnent complétement les chaudières, qui sont placées dans l'axe du navire.

Les chaudières, au nombre de dix, travailleront à la pression de 2 atmosphères 75; elles renferment 100 foyers disposés de manière à brûler soit de l'anthracite, soit de la houille.

Les deux roues à aubes sont indépendantes et mues chacune par deux cylindres, inclinés à 45°, de $1^{m}.87$ de diamètre et $4^{m}.25$ de course. Les roues ont $16^{m}.70$ de diamètre, et les aubes $3^{m}.95$ de largeur.

La machine de l'hélice est à quatre cylindres de $2^{m}.13$ de diamètre et $1^{m}.22$ de course.

L'hélice est à quatre ailes rapportées au moyen de boulons sur un noyau commun; elle a $7^{m}.30$ de diamètre.

L'arbre a $8^{m}.50$ de longueur et $0^{m}.80$ de diamètre. Il n'est pas soutenu dans l'étambot arrière; l'étambot avant porte seulement une console venue de fonte avec le support du coussinet pour diminuer le porte-à-faux. Le coussinet est en bois de gaiac comme celui qui réussit si bien sur l'*Himalaya*. Ces coussinets fonctionnent bien, à condition qu'on laisse une libre circulation d'eau en-

tre l'arbre et le bois au moyen de pattes d'araignée très profondes et très multipliées.

Le navire avec ses machines pèsera 12,000 tonneaux.

La machine des roues à aubes est de 1,000 chevaux nominaux ; celle de l'hélice est de 2,600 chevaux. A la pression normale de 2 atmosphères 75, la puissance totale dépassera 10,400 chevaux.

La vitesse que l'on espère dépasser est de 16 nœuds, soit 37 kilomètres à l'heure. Le voyage dans l'Inde ou de l'Australie, par le Cap, se ferait en 30 ou 35 jours.

Le navire est construit parallèlement à la Tamise et ne pourra être lancé par les moyens ordinaires. On a disposé sous la carène trois forts supports en charpente, dont l'un est placé au maître-couple et les deux autres occupent le milieu entre le maître-couple et l'avant ou l'arrière. Chaque support repose sur un plan incliné qui descend assez loin dans le lit du fleuve.

Le navire doit être lancé avec ses machines prêtes à fonctionner, afin de partir aussitôt à flot et de ne pas rester à sec à la marée descendante.

M. Gaudry analyse ensuite le rapport de la commission de statistique des chemins de fer, dont un exemplaire a été offert à la Société par M. le comte Dubois, président de ladite commission. Ce travail a été publié dans le bulletin du 3e trimestre 1857.

SÉANCE DU 2 OCTOBRE 1857.

Présidence de M. Callon.

M. le Président ajoute quelques renseignements, extraits du journal *The Engineer*, à ceux que M. Pérignon a communiqués dans la dernière séance, sur le *Great-Eastern*.

Il constate que l'un des constructeurs, M. Scott Russell, émet implicitement une opinion conforme à celle de M. Pérignon sur l'inutilité de la voilure dans les conditions de marche *normale* prévues pour ce navire.

On s'est préoccupé de l'influence que devra exercer sur la boussole la masse de métal qui constitue le vaisseau. On avait eu d'abord l'intention de la placer sur une estrade élevée de 12 mètres, mais ce projet a été abandonné, et une boussole étalon sera fixée au mât de misaine à une hauteur suffisante pour la soustraire à l'influence magnétique du navire.

L'état-major se composera ainsi qu'il suit : Le capitaine W. Harrison, un capitaine en second, un ingénieur en chef, douze officiers, seize mécaniciens, un maître d'équipage, un commis aux vivres et deux ou trois chirurgiens.

Les plans inclinés pour le lancement ont exigé, dans leur construction, des précautions particulières en raison de la mobilité du sol. Toutefois, M. Russell pense que les dispositions prises doivent donner toute sécurité, et il fait remarquer que la pression sur les plans inclinés ne dépassera pas 8,000 kil. par mètre carré, au lieu de celle de 26,000 à 30,000 kil. qu'on admet ordinairement dans les opérations de ce genre.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le lancement aura lieu le 3 novembre pour profiter d'une marée exceptionnelle. Il exprime le désir que la Société y soit représentée par un ou plusieurs membres qui lui rendraient compte de cette intéressante opération, et à qui MM. Eug. Flachat et Bergeron offrent d'ailleurs de procurer toutes les facilités désirables.

SÉANCE DU 16 OCTOBRE 1857.

Présidence de M. CH. CALLON.

M. Nozo rend compte de deux brochures dont M. Benoist Duportail a offert un exemplaire à la Société. Ces brochures sont relatives, l'une à l'établissement pratique des essieux de voitures et wagons, l'autre aux proportions des pièces de détail les plus généralement employées dans le matériel des chemins de fer, telles que boulons, écrous, harpons, équerres, etc.

Dans son premier travail, M. Benoist Duportail admet que, jusqu'à présent, les essieux pour wagons de chemins de fer n'ont pas été soumis au calcul et qu'on s'est borné à les établir de sentiment. Cette assertion n'est certainement pas fondée, et, sans vouloir prétendre que les formes adoptées résultent toujours d'une application rigoureuse des formules théoriques, il faut cependant bien dire qu'on a eu généralement recours à celles-ci pour s'assurer que les dimensions pratiques dépassaient plus ou moins les dimensions théoriques.

Pour l'établissement de ses formules, M. Benoist Duportail suppose la charge uniformément répartie sur les deux fusées d'un même essieu ; en pratique, cette égale répartition n'existe pas ; les oscillations des véhicules en marche tendent à produire des différences notables qui s'ajoutent d'ailleurs aux irrégularités du chargement.

Dès lors, s'il est vrai que les deux fusées d'un même essieu supportent des pressions ou des charges différentes, les réactions des rails doivent être aussi différentes ; les moments de rupture d'un essieu varieront donc entre les deux roues et atteindront leur maximum à la section d'encastrement du côté le plus chargé.

En introduisant cette condition dans les formules, on arrivera à donner ce qu'on appelle *de la conicité* aux essieux, c'est-à-dire à faire les portées de calage d'un diamètre plus fort que le milieu même du corps de l'essieu.

Il eût été aussi à désirer que M. Benoist Duportail recherchât de quelle manière les coefficients de pression sur les fusées devaient varier avec la vitesse : sans doute, alors, qu'au lieu de considérer seulement la pression pour la fixation de son *module*, il eût été conduit à adopter un *module* dépendant à la fois de la pression et de la vitesse. Tout le monde sait, en effet, qu'il n'est pas rare de voir une fusée se bien comporter à une certaine vitesse et chauffer fortement avec une vitesse plus grande.

Pour la détermination de la pression absolue par centimètre carré sur les fusées, il ne faut pas négliger de déduire les rainures de graissage et les congés des extrémités des coussinets.

Dans sa brochure sur les boulons, après avoir examiné ce qui se fait dans un certain nombre d'ateliers et avoir comparé les règles pratiques admises avec les formules théoriques, M. Benoist Duportail a été conduit à adopter certaines lois générales dont il a tiré des tables applicables à la plupart des cas qui peuvent se présenter.

M. Nozo se borne seulement à faire remarquer qu'avec les filets triangulaires, qu'il regarde avec M. Benoist Duportail comme les meilleurs, il importe d'insister sur la nécessité de faire les angles arrondis. Cet arrondissement des angles augmente, en effet, notablement la résistance du corps du boulon sans diminuer celle du filet ; avec des filets à angles vifs, l'outil arrache le fer et détermine par cela même un commencement de rupture.

En ce qui touche les rivets, M. Benoist Duportail aurait peut-être dû faire la distinction entre les rivures qui ont à supporter la pression de la vapeur et celles n'ayant d'autre but que d'assembler les tôles. Pour les appareils à vapeur, les indications qu'ils donnent paraissent devoir être considérées comme un guide utile dans les conditions ordinaires ; mais pour les fortes épaisseurs dépassant 12 millimètres, on trouve que les tables donnent des diamètres et des écartements trop forts. L'expérience paraît avoir, en effet, démontré que, pour des épaisseurs de tôle de 15 millimètres par exemple, le diamètre des rivets ne doit pas dépasser 20 ou 22 millimètres, et l'écartement 50 ou 52 millimètres.

Au point de vue général, M. Nozo indique que les dimensions des boulons, harpons, écrous, rondelles, goupilles, rivets et équerres, ont été jusqu'à présent établies, au moins pour les voitures et wagons de chemins de fer, d'une manière à peu près arbitraire, sans qu'on s'inquiétât de chercher des méthodes rigoureuses et certaines pour en fixer toutes les dimensions, parce que ces pièces, prises isolément, ont peu d'importance et sont passées pour ainsi dire inaperçues. Cependant, comme elles sont d'un usage continuel et qu'elles se rencontrent à chaque instant dans la construction, elles méritent une attention sérieuse, et c'est ici le cas d'appliquer ce vieux principe : Il n'y a pas de petites choses quand elles se répètent tous les jours.

M. Nozo croit donc qu'il y aurait, au point de vue de l'économie, de la sim-

plification des études, de la facilité de la construction et de l'entretien, un grand intérêt à ce qu'on adoptât, au moins dans l'industrie des chemins de fer, des types uniformes pour les pièces d'un emploi général et pour ainsi dire courant : c'est le but que s'est proposé M. Benoist Duportail, et les règles et les tables auxquelles il est arrivé, en jetant un nouveau jour sur la question, paraissent devoir faire faire un nouveau pas dans la grande question de l'uniformisation des pièces de répétition.

Pour compléter son travail et pour faciliter l'application de ses idées d'uniformisation, M. Benoist Duportail a dressé douze planches qu'il se propose de publier ultérieurement et qu'il met aujourd'hui sous les yeux des membres de la Société ; ces planches représentent, en grandeur d'exécution, les principales pièces qui font l'objet de sa publication.

M. LE PRÉSIDENT, après avoir remercié M. Nozo de sa communication, insiste sur l'importance de la remarque qui la termine et qui peut s'appliquer non-seulement à l'industrie spéciale des chemins de fer, mais encore à la construction des machines en général. Il serait bien désirable, par exemple, au point de vue de la facilité des réparations, que tous les constructeurs s'entendissent pour adopter des types uniformes d'engrenages.

UN MEMBRE fait observer qu'un constructeur est déjà entré dans cette voie en établissant sur des types déterminés des engrenages qu'on trouve dans le commerce.

UN AUTRE MEMBRE ajoute que MM. Cail et Cᵉ ont également adopté des types pour toutes les pièces de répétition des machines qu'ils construisent.

Ces observations ne font que confirmer la remarque de M. Callon, puisqu'elles établissent que des efforts intelligents ont été tentés dans la voie qu'il indique ; mais, tant que ces efforts seront isolés, on n'atteindra pas le résultat si désirable, et en même temps si difficile, de l'uniformisation des pièces de répétition.

L'ordre du jour appelle la communication de M. E. Trélat sur le mémoire relatif aux eaux de la ville de Paris, présenté par M. le préfet de la Seine au conseil municipal.

M. TRÉLAT fait ressortir l'importance et l'actualité de l'étude qui a été faite par l'administration sur la distribution des eaux dans la ville de Paris. Le travail qu'il analyse a été conduit au point de vue d'une seule des solutions spéciales qui ont été abordées jusqu'à présent. Il comprend de très intéressants documents techniques et scientifiques sur les moyens d'amener par voies d'aqueducs l'eau nécessaire à la consommation de la capitale. C'est M. le préfet de la Seine qui a restreint le problème dans la limite des aqueducs, et c'est à M. Belgrand, ingénieur en chef des ponts et chaussées, qu'on doit la remarquable étude qui va être développée plus loin.

Les données de la question se posaient ainsi :

La ville de Paris reçoit actuellement et journellement :

104,000^{m3} d'eau par le canal de l'Ourcq ;

40,800^{m3} en eaux de Seine élevées par des pompes ;

1,600^{m3} en eaux d'Arcueil ;

900^{m3} par le puits artésien de Grenelle ;
500^{m3} par les sources du Nord.

L'*eau de l'Ourcq* est distribuée dans Paris par un aqueduc de ceinture de 4,033 mètres de longueur, qui part de la Villette et qui aboutit à la barrière de Monceaux. Ce canal alimente dix conduites principales qui pénètrent dans Paris et dont quelques-unes remontent sur le versant de la rive gauche après avoir traversé la Seine.

Des conduites secondaires distribuent l'eau à droite et à gauche sur le trajet de chacune des conduites principales. L'eau, à son point de départ de l'aqueduc de ceinture, est à 25^{m}.24 au-dessus de l'étiage de la Seine.

L'*eau de Seine* parvient à la consommation :

1° Par les quatre anciens réservoirs de Chaillot, situés à 30 et 36 mètres au-dessus de l'étiage ;

2° Par les nouveaux réservoirs de Chaillot construits il y a quelques années à la barrière des Bassins.

3° Par le refoulement direct des pompes de Chaillot, qui non-seulement élèvent l'eau dans les précédents réservoirs, mais qui refoulent aussi directement le liquide dans une conduite de 0^{m}.60 gagnant le réservoir de l'Estrapade après avoir alimenté le Cours-la-Reine, sur la rive droite, et une partie du 10^{e} et du 11^{e} arrondissement.

4° Par le refoulement de la pompe du pont Notre-Dame, qui doit être détruite, mais qui alimente aussi actuellement une conduite sur le réservoir de l'Estrapade ;

5° Par les pompes du Gros-Caillou, qui font encore le service d'une partie du 10^{e} et du 11^{e} arrondissement.

L'*eau d'Arcueil* est reçue par le réservoir de l'Observatoire, à 31 mètres au-dessus de l'étiage.

L'*eau de Grenelle* monte à 43^{m}.82 au-dessus de l'étiage.

Les *eaux de sources du Nord* entrent en conduite à 34 mètres au-dessus de l'étiage.

Le sous-sol des rues de Paris est sillonné, pour distribuer toutes ces eaux, par 70,000 mètres de conduites principales de 0^{m}.25 à 0^{m}.60 de diamètre, et par 242,000 mètres de conduites secondaires de 0^{m}.06 à 0^{m}.21 de diamètre, ensemble 312,000 mètres de conduite.

Les dix-huit bassins placés en tête des conduites principales contiennent 60,000^{m3}, et l'aqueduc de ceinture des eaux de l'Ourcq, qui est presque horizontal, et qui peut être considéré comme un véritable réservoir, contient 1,000,000^{m3}.

En réalité, toutes ces ressources offrent à la consommation parisienne 147,800^{m3} par jour, soit, pour 1 million d'habitants, 148 litres par individu.

Deux causes rendent ces ressources insuffisantes. D'abord, les conduites sont trop petites, et, lorsque la consommation est considérable, elles ne débitent pas en quantité suffisante les eaux des différentes réserves. Ensuite, les réservoirs eux-mêmes sont placés trop bas. Ceux de l'Ourcq, qui sont à 25^{m}.25 au dessus de l'étiage, ou à 51^{m}.49 au-dessus du niveau de la mer, ne donnent

pour charge effective, déduction faite des frottements, que 49m.49 sur la rive droite et 47m.49 sur la rive gauche. Il résulte de cette situation, qu'un cinquième de Paris est privé d'eau au rez-de-chaussée, et trois cinquièmes aux étages supérieurs. En tenant compte de la distribution de la population, 500,000 individus sont privés d'eau aux étages supérieurs, et le reste a plus de 200 litres par habitant.

Les *eaux de Grenelle*, *d'Arcueil* et des *sources du Nord* sont trop peu abondantes pour alimenter les quartiers privés d'eau; il resterait à tirer parti de l'*eau de la Seine*, en en faisant parvenir des quantités suffisantes dans des réservoirs suffisamment élevés. Cette solution a été mise de côté par M. le préfet de la Seine, parce que, comme qualité, comme limpidité et comme fraîcheur, cette eau ne lui paraît pas plus répondre aux besoins des habitants que les eaux des autres provenances. En effet, l'eau d'Arcueil contient beaucoup de sulfate de chaux. L'eau de l'Ourcq est dans le même cas, et de plus comporte une saveur tourbeuse désagréable. L'eau de Seine contient aussi du sulfate de chaux que lui apportent quelques sources en amont de Paris, et des matières organiques reçues dans la traversée de la ville; elle est très souvent trouble.

M. Belgrand a été chargé de rechercher quelles étaient les eaux qui, réunissant la pureté, la fraîcheur et la limpidité, pouvaient être amenées à Paris en assez grande quantité pour répondre aux besoins de cette ville.

L'importance du problème, sa nouveauté et la nécessité où l'on se trouvait de le conduire à fin dans un très bref délai, ont amené M. Belgrand à l'application d'une méthode qui simplifiât les recherches auxquelles il devait se livrer dans tout le bassin de la Seine. Sous le rapport hydrologique, il divise les terrains en deux catégories : les terrains imperméables et les terrains perméables. Les premiers, qui ne retiennent pas l'eau reçue à la surface, sont ravinés par elle et souvent tourmentés par des vallées nombreuses. L'eau qui reste à la surface sans pénétrer dans les couches profondes du sol entretient une végétation luxuriante, des prairies, de belles forêts; l'aspect du paysage est riche et agréable; de petites sources, très nombreuses, apparaissent en tous points, mais elles tarissent promptement à la moindre sécheresse. Le Morvan, dont le sol imperméable est du granit; les coteaux de Bellevue, de Meudon, de Brunoy, qui sont formés de gypse, sont des exemples frappants des caractères locaux qui viennent d'être décrits.

Les terrains perméables, au contraire, sont pénétrés à de grandes profondeurs par les eaux pluviales, qui ne ravinent pas la surface, toujours uniforme et desséchée. L'eau de ces contrées se réunit en nappes considérables sur les couches compactes du fond, où elle se fait jour, dans les vallées les plus profondes, en sources abondantes et régulières. En général, dans ces contrées, toutes les vallées secondaires sont sèches, les prairies naturelles rares; on rencontre partout la terre labourable sur de vastes étendues, avec son aspect triste et monotone. La Beauce, la Picardie et les vallées de l'Escaut sont des exemples saisissants de cette catégorie de terrains.

Les sources se rencontrent partout; mais on voit, par ce qui précède, qu'elles peuvent se produire dans des conditions diverses.

Dans les terrains imperméables, elles tarissent et ne présentent point d'intérêt pour les dérivations.

Dans les terrains perméables recouvrant une couche imperméable, les sources se rencontrent à toute hauteur, au point d'affleurement de la couche imperméable; ces sources sont répandues presque partout; la recherche en est longue et difficile, comme la réunion; et la dérivation devient très coûteuse.

Dans les terrains perméables, elles sont réunies au fond des vallées profondes, par conséquent en des points peu nombreux et très déterminés; donc elles sont très faciles à recueillir et très avantageuses à dériver.

Voilà la théorie très intéressante et très neuve à laquelle M. Belgrand s'est rattaché pour déterminer et choisir le cours de la Somme-Soude, cours d'eau du département de la Marne, situé entre Châlons et Epernay. M. Trélat ne donne ici qu'une idée de la méthode ingénieuse de M. Belgrand; il faut lire son rapport pour se rendre compte de la simplicité extrême que présentent, dans leur application, les lois précédentes, et du parti très considérable qu'on en peut tirer, avec l'étude des cartes géologiques et hydrographiques, sur lesquelles la distribution des cours d'eau fournit des indications tout à fait en rapport avec les caractères qui viennent d'être signalés. Les zones perméables sont très sillonnées de cours d'eau, tandis que les zones imperméables n'en présentent qu'un nombre très restreint. On ne peut pas entrer ici dans l'étude de la classification à laquelle a dû arriver M. Belgrand avant d'avoir pu fixer son choix. Il faut cependant insister sur une autre loi moins importante, mais cependant utile, et que l'on doit au même ingénieur. Indépendamment des questions de quantité et de permanence de débit que l'on peut résoudre au moyen des lois précédentes; indépendamment de la composition chimique des eaux que la nature géologique des terrains traversés et l'analyse permettent de déterminer, il faut savoir éviter les eaux tourbeuses; et se rendre compte d'avance des cours d'eau qui doivent participer de cet inconvénient, c'est simplifier encore le travail des recherches.

Voici la loi de M. Belgrand :

Il n'y a jamais de tourbes, 1° dans les terrains imperméables *argileux*; 2° dans les fonds perméables, quand des crues violentes et boueuses peuvent s'y produire, c'est-à-dire quand, à l'amont des vallées perméables, se trouvent des coteaux imperméables permettant aux eaux de descendre violemment à la surface; on peut rencontrer la tourbe dans les vallées et les coteaux des terrains arénacés imperméables, tels que les granits, et dans les fonds perméables où ne se produisent pas de crues violentes et boueuses.

Aidé de ces diverses classifications, M. Belgrand a étudié, dans chaque zone favorable, les débits, les qualités, les aptitudes et les dépenses nécessaires aux dérivations; la Somme-Soude a présenté les eaux les plus pures, les plus abondantes et les plus constantes.

On peut amener à Paris, à l'altitude de 80 mètres, 100,000^{m3} d'eau par 24 heures, soit 1,100 litres par seconde, pris à cette source et conduits à l'aide de deux

tuyaux en fonte de 1 mètre de diamètre chacun, ayant une pente de 0m.15 par kilomètre. Ce projet coûterait, suivant l'auteur, 25 millions de fr., dont l'intérêt annuel à 5 0/0 serait de 1,250,000 fr., et pour un jour, de 3,424 fr. La quantité d'eau amenée en 24 heures étant de 100,000 mètres cubes, la dépense par mètre cube serait de $3{,}424/100{,}000^{m3} = 0$ fr. 0342.

M. Trélat n'entre pas dans les détails de l'emploi qui pourrait être fait de ces $100{,}000^{m3}$, concurremment avec les ressources que possède déjà la capitale; il suffira d'indiquer, pour compléter l'esquisse du projet, que les services publics pourraient recevoir satisfaction avec $110{,}000^{m3}$ provenant des anciennes sources, et que les services particuliers seraient alimentés par les 100,000 mètres de la Somme-Soude, arrivant à leur destination pourvus de leurs avantages de pureté, de limpidité et de fraîcheur, qualités qui ne peuvent manquer d'être appréciées dans la consommation des ménages.

Il ne rapproche pas non plus le coût de chaque mètre cube d'eau obtenu par cette voie de la dépense nécessitée par les pompes qui emplissent aujourd'hui les réservoirs de Chaillot; une intéressante discussion pourrait se produire sur ce sujet économique et sur la comparaison des caractères distincts que présente l'alimentation par dérivation, exigeant un capital de construction longtemps infructueux, et l'élévation immédiate des eaux par des machines, qui permet de tirer continuellement parti des dépenses s'échelonnant successivement. Mais le but de cette communication était surtout de faire connaître la marche nouvelle qui a été suivie dans la recherche des sources propres à l'alimentation d'une ville.

La discussion s'engage sur cette communication.

Un Membre demande si l'on ne pourrait pas augmenter le volume des eaux de l'Ourcq dont on dispose aujourd'hui pour le service de l'alimentation.

M. Trélat répond que le volume actuel dépasse déjà celui qui peut être débité par les conduites de distribution.

Le même Membre indique que, dans son opinion, les eaux de l'Ourcq, primitivement très bonnes, doivent avoir perdu de leur qualité, depuis que les besoins de la navigation ont obligé d'en augmenter le volume par la dérivation de quelques petits cours d'eau tels que la Thérouenne, la Beuvronne, etc. Quant à l'alimentation en eau de Seine, une amélioration considérable consisterait à reporter en amont de Paris les établissements de prise d'eau placés aujourd'hui en aval.

M. Trélat confirme cette dernière remarque et insiste sur la grande différence de composition de l'eau de Seine en amont et en aval de Paris. Mais il remarque que le défaut de limpidité de cette eau est la principale objection qui, en raison de l'incertitude des procédés de filtrage, en fait repousser l'emploi.

Un autre Membre pense que le projet de la ville de Paris pourra rencontrer une vive opposition de la part des localités qu'arrosent les eaux de la Somme-Soude. Déjà des réclamations sérieuses ont été présentées. On comprend ces réclamations; l'exemple de la vallée d'Ourcq, si florissante avant qu'on eût, pour ainsi dire, exproprié les habitants de leur cours d'eau, peut

exciter de l'inquiétude dans les communes situées en aval de la dérivation projetée.

M. Trélat répond qu'il n'est pas question d'enlever à ces communes la totalité des eaux dont elles jouissent. Le volume à dériver n'est que les 4/10^{mes} environ du débit total à l'étiage.

Le premier Membre croit qu'on pourrait être amené plus tard à dériver un plus grand volume, ou même la totalité des eaux de la Somme-Soude, en raison des développements futurs de Paris, et surtout à cause de la dépense considérable qu'entraîne l'arrosage des chaussées en macadam.

Il est répondu que les eaux de la Somme-Soude seront réservées pour les besoins particuliers, le service public étant largement assuré au moyen de l'alimentation actuelle; si ces eaux étaient insuffisantes, on pourrait même, dans les quartiers bas, y suppléer avec l'excédant de celles réservées au service public.

Relativement au prix de revient des eaux de la Seine comparé à celui des eaux de la Somme-Soude, on fait remarquer que les chiffres du rapport, qui établissent une différence en faveur de celles-ci, ne comprennent pas l'amortissement du capital, mais seulement l'intérêt à 5 0/0. On pense qu'en tenant compte de cet élément, on arriverait à un résultat contraire.

Un Membre indique que la question de sécurité, en cas de guerre, doit être considérée comme importante.

La discussion étant close, M. le président, au nom de la Société, remercie M. Trélat de cette intéressante communication.

M. Gaudry donne lecture d'une note sur le steamer américain *Vanderbilt*, le plus grand qui ait été jusqu'ici mis à la mer.

La coque en bois de ce navire est un chef-d'œuvre de construction navale; les façons-extrêmes sont égales, très fines et développées chacune sur environ un tiers de longueur totale de la flottaison. Le taille-mer est vertical; la poupe est arrondie en talon de sabot.

Le navire a 103 mètres de long, 15 mètres de largeur au maître-bau, et 22 mètres en dehors des tambours des roues à aubes; il cale 6 mètres; il a près de 10 mètres de creux sous le pont, et 13 mètres de hauteur totale de la quille au-dessus de la galerie. Le déplacement d'eau par la carène peut être approximativement évalué à 6,000 tonnes, et le jaugeage à 3,700 tonnes. Il a en tout quatre étages dans l'intérieur, où sont ménagés des chambres, salons et salles à manger d'une extrême magnificence.

Les roues à aubes ont 12^{m}.45 de diamètre; elles portent chacune trente-huit aubes longues de 2^{m}.80 sur 0^{m}.70 de largeur; quatorze de ces aubes frappent à la fois, et la surface de pression des deux roues ensemble est égale à 57^{m}.88, la surface résistante du navire étant environ 70 mètres. Les roues font, en moyenne, seize tours par minute; la vitesse correspondante, au centre des aubes, est donc 9^{m}.60; celle du navire étant 13 nœuds ou 7 mètres par seconde, 1.39 est le rapport entre ces deux vitesses.

Mais le détail le plus curieux du *Vanderbilt* est sa machine, type de Watt, à balancier supérieur en fonte, sous-tendu et fretté en fer. L'axe de ce balan-

cier est à environ 18 mètres au-dessus du fond de la coque, et il dépasse de 2 mètres les tambours, qui s'élèvent eux-mêmes de 7 mètres au-dessus du pont; leurs bâtis, de forme triangulaire, sont en bois, armés en tous sens d'équerres, d'entretoises et de tirants.

La machine est à deux cylindres conjugués à angle droit sur l'arbre porte-roues, lequel mesure 65 centimètres de diamètre au milieu; les pistons ont 2m.25 de diamètre et 3m.61 de course; la pression effective est de 1k.26 par centimètre carré. Les plates-formes, pour graisser et visiter les articulations, sont étagées au nombre de six dans la hauteur de la machine, et communiquent par des escaliers. Le tout est on ne peut mieux installé. La distribution de vapeur se fait par clapets et à cames, entre deux colonnes qui sont les conduits de vapeur.

Les condenseurs opèrent à sec et par surface, c'est-à-dire que la vapeur traverse une série de tubes rafraîchis extérieurement, sans que l'eau froide d'injection se mêle à l'eau de condensation: il en résulte qu'on a, pour alimenter la chaudière, de l'eau distillée en proportion des 2/3 de la quantité totale voulue.

Les chaudières appartiennent au système dit *tubulaire en retour de flammes*. Elles se divisent en 4 corps placés transversalement avec l'allée de service au milieu, deux à chaque bout de la machine, avec une cheminée ayant 2m.30 de diamètre. Chaque corps a un réservoir de vapeur, un réchauffeur pour l'eau alimentaire et 7 foyers. La surface totale de chauffe est 1,844 mètres carrés. La force de la machine est de 2,000 chevaux nominaux et de 1,500 à 2,880 chevaux effectifs. La consommation de combustible ne dépasse pas, assure-t-on, 100 kilog. en 24 heures, et, par conséquent, on a par cheval nominal :

Consommation de houille	2k.90
Surface de chauffe	0m.92

Mais par cheval effectif, pour la marche à pleine vapeur, on a :

Consommation de houille	1k.84
Surface de chauffe	0m.65

Si ces données sont vraies, ces résultats du *Vanderbilt* sont d'autant plus remarquables que ce steamer réalise une très belle vitesse; il file en moyenne 13 nœuds, et on affirme qu'il en atteint 16, à la vérité par exception.

En terminant, M. Gaudry avertit que les chiffres par lui cités ne sont souvent qu'approximatifs, mais il pense qu'ils ont cependant leur intérêt au moins comme premier aperçu.

Un Membre dit qu'il a vu le navire au Havre et que les pales lui ont semblé bien rapprochées.

M. Gaudry répond que leur espacement est environ de 1 mètre, et que cette distance paraît suffisante pour que chaque pale exerce sa percussion, bien que la vitesse soit assez considérable.

Un autre Membre fait observer qu'en principe il faut, pour bien utiliser l'action des roues à pales, qu'une seule agisse en plein, la précédente étant prête à sortir de l'eau et la suivante commençant à y pénétrer.

On répond que ce principe doit être suivi tant qu'on ne dépasse pas 200 chevaux de force motrice et 5 à 6 mètres pour diamètre des roues; mais le *Vanderbilt* avait besoin d'au moins 1,500 chevaux de force, et pour atteindre à la surface voulue des pales, il eût fallu donner aux roues une largeur impossible. Le navire est déjà si large qu'il ne peut entrer dans aucun des bassins à flot du Havre, et qu'il est obligé de rester à quai dans l'avant-port. De là, comme dans tous les grands navires, l'obligation où l'on a été de multiplier les pales trempantes, au risque de perdre un peu de l'effet utile de chacune.

Un Membre demande s'il n'est pas vrai que le navire a une forte tendance *à rouler*.

M. Gaudry répond qu'il ne l'a vu qu'au repos, mais qu'il a entendu signaler la tendance en question; qu'il ne le répète qu'avec la réserve due à un *on-dit*; il ajoute que la masse considérable accumulée dans la partie supérieure par les machines si élevées, par les tambours et les roues, dont les dimensions sont énormes, rend assez vraisemblable le défaut dont on parle.

SÉANCE DU 6 NOVEMBRE 1857.

Présidence de M. Ch. Callon.

M. le Président appelle l'attention de la Société sur les expériences qui viennent d'être faites à Vincennes, avec deux canons obusiers de 12, en acier fondu, de Krupp. Il fait connaître les principaux résultats de ces expériences, d'après le rapport de la commission d'officiers d'artillerie qui les a dirigées, rapport dont M. Krupp a adressé la copie à la Société.

Dans la première série d'expériences, on a eu pour but de déterminer la résistance de l'acier fondu aux diverses causes de dégradation de l'âme. Chaque pièce a tiré 100 coups par jour, en deux séances; après 3,000 coups à la charge normale de $1^{k}.40$, on n'a remarqué aucune altération : le calibre des deux pièces, mesuré à l'étoile mobile, est resté partout de 121 millim., sauf des différences de $0^{mm}.1$ à $0^{mm}.2$, qui peuvent bien provenir de l'imperfection de l'instrument. Le diamètre des lumières ($0^{m}.0056$) a été un peu agrandi, mais sans que la sonde de rebut ($0^{m}.009$) y puisse pénétrer.

Dans la deuxième série d'expériences, on devait chercher à reconnaître si l'acier fondu résistait aussi bien que le bronze aux coups des boulets ennemis. Le résultat est que l'acier fondu est un peu plus fragile que le bronze, mais beaucoup moins que la fonte.

Par une troisième série, on a voulu constater la résistance de l'acier fondu

à un tir à outrance; on devait suivre à cet effet la progression suivante :

20 coups avec	3 k. de poudre et	2 boulets.
10	3	3
5	6	6

puis, jusqu'à ce que la pièce éclatât, 12 k. de poudre et autant de boulets qu'on pourrait en mettre. Mais on ne jugea pas utile de faire cette dernière épreuve, la pièce ayant résisté *sans aucune altération de l'âme* au tir de cinq coups de 6 k. de poudre et 6 boulets. Avec cette dernière charge, le recul était énorme et les boulets se brisaient les uns sur les autres.

La commission conclut de ces expériences, que cette pièce est capable de résister à toutes les charges possibles; et qu'elle pourra résister *indéfiniment* peut-être à la charge ordinaire de guerre, 1 k. 400.

On pense, en outre, que les canons rayés en acier fondu ne s'altéreraient pas dans les rayures, comme on doit le craindre pour des pièces en bronze, par suite du frottement des ailettes du projectile.

Bien que ces expériences fussent étrangères, par leur objet, à la Société des ingénieurs civils, M. le président a pensé qu'elles pourraient l'intéresser au point de vue de l'emploi de l'acier fondu dans les pièces de résistance des machines.

A l'appui des chiffres précédents, qui montrent la ténacité remarquable de l'acier de M. Krupp, M. Nozo indique que la Compagnie du chemin de fer du Nord exécute en ce moment, avec ce métal, quelques essieux coudés qui ont donné des résultats remarquables : on est parvenu à enlever, dans le coude même d'un essieu, un copeau dont la longueur aurait dépassé 200 mètres s'il n'avait pas été brisé en s'accrochant dans un palan; ce fait dénote une grande homogénéité. On a remarqué qu'on ne peut employer l'eau pour tourner cet acier, et l'on est obligé d'opérer à sec; l'eau trempe le copeau échauffé par le travail, et l'outil se casse.

Ces résultats ne peuvent être comparés à ceux qu'auraient pu donner des aciers français, attendu que ceux-ci n'ont pas été essayés dans la fabrication des essieux coudés.

M. Tardieu donne lecture d'une note extraite du journal anglais *The Engineer*, sur la machine sous-marine du docteur Seurs.

Cette machine, connue en Angleterre sous le nom de *nautile*, a pour but de remplacer la cloche à plongeur, pour l'enlèvement des cloches sous-marines notamment. Les inconvénients qu'on reproche à la cloche à plongeur sont que les mouvements ne sont pas à la disposition des plongeurs, et qu'ils exigent l'intervention des hommes qui travaillent au dehors; son déplacement horizontal est surtout très difficile, puisqu'il nécessite celui du bateau auquel elle est suspendue. Enfin, dans un courant rapide, la cloche à plongeur serait d'un usage difficile. C'est ainsi que, pour l'enlèvement des roches de la passe du Croisic, M. de la Gournerie a été conduit à imaginer un bateau spécial, très ingénieux, qui se rapproche du *nautile* par certains points, mais dont l'emploi ne peut convenir qu'à des profondeurs d'eau très limitées et un fond assez uni.

Le *nautile*, au contraire, peut descendre à une profondeur qui n'est limitée que par la pression de l'air et par l'influence que cette pression peut exercer sur l'organisme des ouvriers.

Ses mouvements, soit horizontaux, soit verticaux, sont complétement indépendants du dehors. L'appareil ne communique avec l'extérieur que par un tube flexible qui lui amène l'air lancé par une pompe foulante; c'est là ce qui le distingue des essais tentés par Fulton en 1801, et du bateau-plongeur du docteur Payène, expérimenté à Cherbourg, vers 1815, avec un certain succès; dans ces deux appareils, on forme une provision d'air comprimé qu'il faut venir renouveler à la surface après un certain temps.

Le *nautile* est formé d'une enceinte circulaire en tôle de 1m.50 à 3 mètres de diamètre et 2m.50 de hauteur, fermé vers le haut par une calotte sphérique en tôle, et vers le bas par un plateau en fonte qui présente une porte ouvrant du dehors au dedans; à la calotte sphérique on ménage une ouverture fermée par un couvercle boulonné. Deux cloisons verticales, reliées par des entretoises à la paroi circulaire, divisent la capacité du nautile en trois chambres. Celle du milieu est la chambre de travail, où se tiennent les hommes. Les chambres latérales sont destinées à produire l'immersion ou l'ascension de l'appareil, en y introduisant une plus ou moins grande quantité d'eau.

Lorsqu'on veut faire descendre l'appareil, on s'introduit par l'orifice supérieur, la porte inférieure étant fermée: on referme l'orifice supérieur, puis on laisse rentrer de l'eau dans les chambres latérales. Dès que l'appareil est immergé complétement, on modère la descente en cessant l'introduction de l'eau, ou même en donnant accès dans les chambres latérales à l'air comprimé sous une pression plus forte que celle qui correspond à la profondeur à laquelle on veut descendre; alors, si on ouvre de nouveau le robinet par où l'eau s'introduisait tout à l'heure, elle sera expulsée, et l'appareil tendra à remonter. On peut ainsi atteindre le fond graduellement et sans choc. On introduit alors l'air comprimé dans la chambre de travail, si on ne l'a pas déjà fait, et quand on a la même pression au dehors et en dedans, ce dont on est prévenu par deux manomètres, on peut ouvrir la porte inférieure.

Pour remonter, on introduit l'air dans les chambres latérales, ce qui fait de nouveau flotter l'appareil et les corps qu'on peut y avoir suspendus. Un tube de niveau, disposé sur les chambres latérales, indique le moment où cet effet est sur le point d'être atteint.

Le mouvement de translation est produit à l'aide de quatre câbles amarrés à des points fixes. Ces câbles passent sur des poulies verticales, disposées dans le plan horizontal du centre de gravité de l'appareil. Chaque poulie est portée par une chaise mobile autour d'un axe vertical, pour que la poulie puisse prendre diverses directions. Le câble descend dans une gaîne extérieure; il passe sur deux poulies de renvoi, et il rentre verticalement dans la chambre de travail, en passant à travers un stuffing-box. On agit sur les quatre câbles à l'aide de quatre treuils fixés aux parois de la chambre.

Avec un appareil ainsi disposé, on peut descendre à une profondeur de

30 mètres. Il faut deux minutes et demie pour immerger un appareil de six tonnes, et la descente a lieu ensuite à la vitesse de 20 mètres par minute.

Tels sont les seuls renseignements que renferme l'article de *The Engineer* sur la manœuvre du nautile; il est à regretter qu'il n'indique pas le prix de l'appareil, car, dans certains cas, il peut être d'un emploi assez avantageux. Le grave reproche qu'on peut lui faire est que, si le tube de caoutchouc qui amène l'air vient à se rompre, non-seulement l'appareil peut se trouver envahi par l'eau, mais il lui est impossible de remonter, inconvénients que n'offrent pas le scaphandre et la cloche à plongeur. On y a remédié, du reste, par l'emploi d'une pompe à bras destinée à épuiser, en cas d'accident, l'eau des chambres latérales.

L'ordre du jour appelle ensuite la communication de M. Thomé de Gamond sur son projet de tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre.

M. Thomé de Gamond a fait hommage à la Société de son mémoire récemment publié sur l'étude d'un chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre. En plaçant son travail sous les auspices de la Société, M. Thomé la conviait en quelque sorte, par les voies de l'examen et de la discussion, à une coopération ultérieure pour toutes les questions qui se rattachent à cette étude. Répondant à cette pensée, M. le président a invité M. Thomé à rendre compte de cette étude à la Société, par l'exposé des faits détaillés dans son livre, et à préciser en même temps les points sur lesquels il y aurait intérêt à engager la discussion.

Quant à l'état actuel du projet, il a été soumis, par une haute initiative, à l'examen d'une commission officielle mixte formée, par le ministre des travaux publics, de la réunion des conseils généraux des ponts et chaussées et des mines, et assistée d'un ingénieur hydrographe de la marine. Citer les noms de MM. Elie de Beaumont, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, de M. Combes, directeur de l'École des mines, ceux de MM. Mallet et Renaud, inspecteurs généraux des ponts et chaussées, et celui de M. Keller, ingénieur hydrographe de la marine, commissaires chargés de cet examen, c'est dire que le Gouvernement n'avait rien négligé pour que la compétence fût complète. A la suite de cet examen, la commission a conclu à l'utilité d'une dépense de 500,000 fr. pour la vérification et le complément de cette étude, par des travaux qu'elle a précisés. Elle a émis, en outre, le vœu que le Gouvernement anglais fût consulté sur la part qu'il voudrait prendre à ces travaux préliminaires. M. Thomé a promis de faire connaître ultérieurement le résultat des démarches qui sont la conséquence naturelle de ce précédent.

M. Thomé de Gamond a indiqué brièvement les tentatives de propositions pour un tunnel sous-marin faites par ses devanciers, et notamment ce qu'il a pu recueillir par tradition sur le projet de l'ingénieur Mathieu, qui date de soixante ans. L'origine du projet personnel à M. Thomé remonte à l'année 1833, époque où il se livrait dans un autre but à des études géologiques sur le littoral de la Manche. Mais longtemps il laissa sommeiller ce projet, faute d'observations précises sur le détroit. Ce ne fut qu'à l'exposition universelle de

Londres qu'il songea à utiliser sérieusement dans cette direction ses études géologiques locales.

Le projet, présenté dans un ordre méthodique, se divise en trois parties principales : *les milieux*, *le tracé*, *le percement*. L'auteur examine d'abord les milieux.

Le système de terrains stratifiés de la côte française, dans la région du détroit de Calais, appartient à la période jurassique et comprend les différents étages de cette formation. Les affleurements de ces terrains, dans le territoire dont la petite ville de Marquise occupe le centre, s'appuient, comme sur un chevet, sur un imposant massif de calcaire carbonifère fortement incliné sous l'horizon. Quand on observe l'allure de cette formation jurassique, on la voit se diriger, avec une inclinaison beaucoup moindre, mais qui est encore de sept millièmes, vers la mer, sous laquelle elle disparaît au cap Grimez.

Ce premier aspect indique nettement que ces couches jurassiques continuent de s'enfoncer sous le détroit. La confirmation de cette donnée se trouve justifiée par la présence, sur la côte d'Angleterre, du système crayeux très puissant qui occupe, dans la série géologique, la zone supérieure à celle des terrains jurassiques.

En parcourant les terrains crayeux de l'Angleterre, toujours dans la direction du sud-est au nord ouest, conforme à l'allure des couches jurassiques de la côte française, on arrive à la limite du système crayeux dans la province d'Oxford, où l'on retrouve les terrains jurassiques, qui sortent successivement de terre suivant le même ordre de superposition que celui des terrains français. Les terrains jurassiques, dont les deux limites se relèvent ainsi en Angleterre et en France, sont donc voilés sur la plus grande partie de leur surface par les terrains crayeux, dont l'épaisseur dépasse 200 mètres. Dès lors il y avait un grand intérêt à étudier le raccordement souterrain de ces dépôts jurassiques et les lois qui président à leur direction.

Le premier fait acquis à l'observation, c'était la dépression profonde des terrains jurassiques sous la région occupée par les terrains crayeux de l'Angleterre, dans l'intervalle situé entre les affleurements apparents de Marquise et d'Oxford. Cette dépression, dont il restait à étudier la courbure, offrait, outre son importance pour le but proposé, un intérêt non moins grand au point de vue de la géologie générale.

Les terrains jurassiques sont le produit d'anciens limons consolidés dans une mer locale, qui a recouvert jadis un espace considérable à l'ouest de l'Europe. Ces couches, tantôt argileuses, tantôt pierreuses, durent être déposées, à peu d'exceptions près, selon les lois d'une horizontalité générale. Sur plusieurs points elles prirent jour, en s'élevant au-dessus des mers, par suite de soulèvements locaux de l'écorce terrestre. Sur d'autres points elles fléchirent, les unes subitement, les autres avec une grande lenteur. Des dislocations, tantôt instantanées, tantôt successives, qui sont attestées par les traces qu'elles ont laissées sur la terre, ont, à plusieurs époques de la vie du globe, déchiré sa surface et ouvert à travers son écorce des issues à des épanchements considérables de la substance intérieure. A mesure que la matière ignée, li-

quide ou pâteuse, s'épanchait ainsi, elle se consolidait au dehors par le refroidissement, et formait, autour de l'Angleterre, d'imposants massifs cristallins, tels que l'Écosse, l'Irlande, Cornouailles, la Bretagne, l'Auvergne, l'arête rhénane, la Bohême et la Scandinavie.

Ces grands épanchements de la matière durent laisser à l'intérieur, dans les régions sous-jacentes de l'écorce terrestre, des vides sur lesquels cette écorce, obéissant aux lois de la pesanteur, s'affaissa. Tout le système du plancher de couches jurassiques existant alors dans la partie de l'Angleterre objet de l'étude, système qui s'étendait aussi sur une grande partie de la surface occupée aujourd'hui par la France, fléchit profondément, et l'immense cavité formée par cette dépression fut occupée par une autre mer qui déposa à son tour, avec une lenteur incommensurable, cette masse prodigieuse de limons calcaires constituant les couches de terrains crayeux.

Ces terrains crayeux forment donc actuellement une grande lentille qui repose sur une cuvette dont le terrain jurassique occupe les bords et le fond. Sous Paris, cette lentille de craie, traversée par le puits de Grenelle, a plus de cinq cents mètres d'épaisseur. La lentille paraît beaucoup moins épaisse en Angleterre, où elle a été amincie par érosion à sa zone supérieure. Elle ne dépasse guère, dans ce pays, une puissance de deux cents mètres.

Par cette digression sur le domaine de la géologie générale, l'auteur a eu pour objet de préciser le phénomène qui a produit l'état actuel des lieux soumis à l'exploration, et auxquels il faut attribuer l'inclinaison remarquable du système stratifié représenté par la coupe.

Ces données générales, simple début de l'étude, avaient besoin d'être confirmées par des faits locaux précis. L'existence de la cuvette jurassique, sous le massif crayeux des comtés de Kent et de Surrey, était indiquée par l'inclinaison générale des affleurements de Marquise et d'Oxford, plongeant à l'encontre, et confirmée par divers forages pratiqués dans le Surrey, sur la ligne étudiée. Déjà même, au moyen de ces forages et des inclinaisons initiales des affleurements, il était possible de déterminer la courbure générale de l'arc concave décrit par le fond de la cuvette jurassique, de mesurer la flèche de l'arc, et de fixer la position approximative du thalweg de cette dépression sous le Surrey. L'inclinaison générale de trois millièmes dans les affleurements oxfordiens, prolongée sous le Surrey, se raccordait bien avec la profondeur observée de ce thalweg souterrain; mais il n'en était pas ainsi du côté de la France, où des divergences notables, constatées avec précision, dans l'inclinaison des affleurements, faillirent compromettre l'étude du tunnel sous-marin.

En effet, l'inclinaison générale des terrains jurassiques anglais dans l'Oxfordshire étant de trois millièmes, il était impossible de raccorder sur un thalweg commun normal l'inclinaison des affleurements français qui plongeaient au sept millième, et cette forte inclinaison autorisait l'hypothèse d'une grande faille sous-marine, due à une dislocation qui aurait troublé l'horizontalité des dépôts sous le détroit.

Cette hypothèse, justifiée par les apparences, parut à M. Thomé assez fon-

dée pour motiver pendant un temps l'abandon de l'étude du tunnel. Ce fut dans cet intervalle qu'il s'occupa d'un projet d'isthme factice entre le continent et l'Angleterre, travail dont il indique la substance à la fin de son mémoire; étude abandonnée aussi, mais qui a eu pour résultat de faire revivre, en l'élucidant, celle du tunnel sous-marin.

Les premières observations de l'auteur sur le terrain n'avaient été faites que d'une manière parcellaire, et il pouvait soupçonner des erreurs dans le raccordement du travail, soit sur le terrain, soit dans le cabinet. Ces erreurs sont faciles, on le sait, quand il s'agit de déterminer par un plan unique et moyen l'allure générale de couches souterraines dont le parallélisme n'est pas constant. La difficulté augmente quand les couches cessent d'être apparentes et qu'il faut procéder par emprunts. Néanmoins, après avoir recommencé le travail d'ensemble dans les deux pays, en adoptant pour repère général de l'étude souterraine les couches de la grande oolithe, zone inférieure de tout le système étudié, M. Thomé arriva précisément aux mêmes résultats constatés par ses observations antérieures, quant à la divergence des inclinaisons dans les affleurements anglais et français, et comprit la nécessité de concentrer l'investigation sur le massif submergé du détroit.

L'exploration réitérée des bancs du détroit permit de reconnaître que ces intumescences sous-marines, réputées jusqu'à présent des atterrissements sableux, étaient au contraire les crêtes de collines submergées qui ont résisté à l'érosion. L'auteur a décrit en détail, dans l'appendice de son mémoire, de quels expédients il s'est avisé pour faire épincer sur les accores de ces bancs, par des équipages de bateaux de pêche, des fragments rocheux qui furent reconnus pour des lits de grès portlandiens caractérisés. L'étage jurassique étant ainsi ressaisi par son sommet, il devint possible de constater que la cuvette oolithique passait sous le détroit sans déchirement, et d'estimer à quelle profondeur on pouvait rencontrer la couche de grande oolithe sous la région de ces bancs.

Dès lors se dissipèrent les craintes que l'auteur avait précédemment conçues sur l'existence d'une grande faille dans le plafond du pas de Calais. A partir de ce moment, la lumière se fit successivement dans l'étude. M. Thomé fut aidé puissamment dans ses recherches sur le détroit par la précieuse coopération de M. Keller, ingénieur hydrographe de la marine, qui avait travaillé avec Beautemps-Beaupré aux sondes de la Manche, et que de fortes études avaient initié à la nature vivante de ces mers. Les lumières que lui fournit le contact de ce coopérateur laborieux, dont le savoir ne paraît égalé que par la modestie, permirent à M. Thomé de saisir la relation existant entre la masse liquide du détroit et le massif submergé qui la supporte. Il lui fut possible alors de préciser la nature des phénomènes qui ont présidé à la formation et à l'élargissement du détroit de Calais, formation qui s'est accomplie et se continue toujours, avec une lenteur majestueuse et méthodique, sous l'empire de causes actuelles décrites dans son mémoire.

Après cette première exposition, M. Thomé trace devant la Société, sur le tableau, la figure des formations sous-marines dans le désordre géologique

où il les supposait quand il abandonna son projet ; et il indique parallèlement par une autre coupe le progrès que fit l'étude, en passant de cet aspect obscur à un état précisé par les observations ultérieures.

L'ensemble des documents fournis par ces recherches est d'ailleurs résumé graphiquement sur le diagramme géologique exposé devant la Société, et qui représente l'état des lieux du détroit Cet état des lieux pourra être modifié dans ses détails, par suite d'explorations locales plus complètes ; mais sa donnée générale reposant sur des faits désormais acquis à l'observation, il est enfin possible actuellement de suivre le tracé du tunnel à travers ce milieu.

Le diagramme géologique est développé à l'échelle d'un vingt-millième pour les longueurs, et d'un deux-millième pour les hauteurs. C'est le calque du dessin original qui a été présenté l'an dernier au chef de l'Etat, soumis ensuite à l'examen de la commission officielle, et dont l'ouvrage publié par l'éditeur Dalmont présente la réduction au quart.

M. Thomé de Gamond, en présentant à côté de cette coupe l'écrin géologique des terrains étudiés, a mis sous les yeux de la Société ces témoins muets, mais significatifs, d'un travail préparatoire destiné désormais à s'élargir par une coopération collective. Cet écrin comprend, dans leur ordre naturel, les extraits de tous les terrains à travers lesquels est proposé le percement du tunnel, et peut donner une idée du système stratifié.

Bien que ces extraits soient au nombre de 74, la colonne des épaisseurs montre que plusieurs d'entre eux ne sont là que pour faire acte de présence, mais sans importance réelle. La puissance indiquée de chacun de ces terrains, en regard de la coupe, permet d'apprécier l'importance de chacun d'eux.

L'examen de ces extraits révèle que le massif du détroit de Calais, pour les deux cinquièmes environ, se compose de roches pierreuses qui sont des calcaires oolithiques identiques à ceux dont sont construites la plupart de nos cathédrales, et de grès très consistants, analogues aux pavés des villes. Ces grès comprennent deux groupes distincts et profondément séparés : ce sont les grès portlandiens et les grès verts de l'étage crayeux. L'auteur s'est attaché à présenter avec détail et précision les différents lits de ces deux groupes, à cause des obstacles qui peuvent nuire au percement. Le reste du massif, les trois cinquièmes environ sont des argiles de trois âges occupant trois zones superposées, l'argile d'Oxford, la puissante couche d'argile de Kimmeridge, épaisse de plus de 50 mètres, et le wealdclay. La présence et la superposition alternative de ces chapes colossales dans le détroit paraissent une disposition providentielle des plus favorables pour le percement, et ont déterminé l'auteur, après l'examen de six lignes différentes, à proposer le tracé du tunnel par les formations jurassiques.

M. Thomé de Gamond expose ensuite brièvement la donnée générale du tracé.

Le tracé du tunnel sous-marin part du continent, sous le cap Grinez, et se dirige sur la pointe Eastware, entre Douvres et Folkstone, en passant par le banc de Varne, où est projetée l'*Étoile de Varne*, station maritime du tunnel. Cette station, où les trains pourront faire halte à ciel ouvert, consiste

en une gare située au fond d'une vaste tour. Cette tour est ouverte dans le terre-plein d'un îlot factice construit sur la crête du banc de Varne. A ce terre-plein est annexé un port couvert par des môles faisant quai à la mer. L'établissement de ce port, œuvre la plus monumentale du projet, est le complément du tunnel sous-marin dont il agrandit la signification et en fait un des plus puissants organes de trafic et de circulation entre les peuples.

Le fond de la tour de Varne inscrit une cour de forme elliptique. Le grand diamètre de l'ellipse, dans le sens de la circulation des trains, a 200 mètres, et le petit diamètre 100 mètres seulement. C'est du fond de cette gare spacieuse qu'au moyen d'une spirale ascendante, les wagons de marchandises pourront monter, par une pente modérée, jusque sur le quai de l'Etoile de Varne, où ils seront en contact avec le bord des navires. M. Thomé fait remarquer à la Société que l'établissement maritime de Varne, qui est une annexe du tunnel sous-marin, peut être étudié séparément, en raison de son importance, comme un corollaire utile à un haut degré, mais non indispensable au projet de voie sous-marine.

Suivant le profil, le tracé du tunnel décrit une courbe souterraine concave dont les pentes, maintenues au-dessous de cinq millièmes, sont de beaucoup inférieures à celle de la plupart des chemins de fer exploités.

Les voies d'accession du tunnel sont deux galeries souterraines inclinées à sept millièmes. La galerie anglaise se dirige, de la station d'Eastware, par un parcours de 5,500 mètres, sur Douvres, où elle prend jour. La galerie d'accession du côté de la France a 8,000 mètres de parcours, entre la station de Grinez et la ville de Marquise, où elle se relie à ciel ouvert à deux sections d'embranchement, dont l'une est la route de Paris par Boulogne et Amiens; l'autre section se relie, près de Calais, aux chemins de fer de la Belgique et de l'Allemagne.

Le profil du tunnel, décrit sur la coupe géologique, aura à traverser obliquement différents étages de terrains inclinés, à la limite desquels pourront se produire des infiltrations normales. L'auteur s'est appliqué, dans un chapitre spécial de son mémoire, à préciser la rencontre et la mesure relative de ces infiltrations, dont la présence ne paraît pas devoir être redoutable du côté de la France dans les trois quarts du parcours, mais deviendra sans doute plus gênante dans le voisinage de la plage anglaise. Les conditions qui président à l'agissement de ces infiltrations offrent un grand intérêt.

Les diverses couches géologiques traversées par le profil affectent chacune un caractère distinct, dû à la nature des troubles mis en agitation par les mers qui se sont succédé jadis en ce lieu. Ces couches ne sont donc autre chose que l'accumulation de ces troubles sous forme de limons au fond de ces mers antérieures. Ces limons, par l'action du temps et d'une pression considérable, se sont successivement consolidés, comme les argiles, et même agrégrés chimiquement, comme les calcaires et les grès. Mais un fait très remarquable et qui est attribué à la présence antérieure et périodique d'un milieu liquide soumis à une très faible agitation, c'est l'apparition, en alternance successive, de couches d'argile considérables, parfaitement stratifiées, entre les formations de

roches agrégées de calcaires et de grès, dont les argiles sont les lignes de séparation.

Ces dépôts d'argile eux-mêmes reposent presque constamment sur des lits de sables meubles ou pourvus d'une faible agrégation, et qui sont par cela même des milieux favorables aux infiltrations capillaires de l'eau.

M. Thomé de Gamond signale dans la coupe quatre biseaux d'infiltrations de cette nature sous le détroit, dont les plus redoutables sont les lits sableux qui séparent et emballent les divers étages des grès verts. L'écrin géologique présente un spécimen de tous ces terrains aquifères. La mesure de l'agissement des infiltrations normales dans les grès verts a été fournie par les travaux remarquables exécutés sur la côte adjacente, pour le percement du tunnel de Saltwood. La construction de ce tunnel, entreprise d'abord, on peut le dire, avec une certaine témérité, vu l'insuffisance des forces dans l'attaque, a été poursuivie avec une grande sagacité et victorieusement achevée à travers les conditions les plus défavorables, en ce que la galerie cheminait presque toujours horizontalement dans les lits les plus aquifères de cette formation. Le tunnel sous-marin, vu l'inclinaison des rampes, percera cette formation en sections obliques, circonstance un peu plus favorable qu'à Saltwood, en ce que les lits aquifères seront traversés successivement et non à la fois. Des obstacles provenant de l'envahissement des eaux seraient donc peut-être, par cette raison, un peu moins redoutables qu'à Saltwood, si l'on ne rencontre que des infiltrations d'eau douce. Le plan du massif traversé étant inférieur au plan de la mer, il est possible que des infiltrations d'eau marine, comme celles d'eau douce, et en vertu de la même loi, pénètrent dans ces voies capillaires. Mais, en raison du peu d'inclinaison du système stratifié, ces infiltrations capillaires de la mer ont à parcourir, depuis le biseau d'affleurement sous-marin jusqu'à la galerie du tunnel, des distances variables de deux a quatre mille mètres d'étendue. Heureuse disposition naturelle par où ces infiltrations, si elles se produisent, échappent aux effets de la pression directes de la mer, et rentrent dans les conditions normales des infiltrations d'eaux douces du continent.

L'étude approfondie de l'agissement des infiltrations présente donc le plus haut intérêt au point de vue spécial de l'exécution du tunnel sous-marin, et au point de vue général d'un grand nombre de travaux analogues à entreprendre dans les mines et dans les régions souterraines inférieures au plan d'eau de la mer. Cette considération, sans aucun doute, est entrée pour beaucoup dans les conclusions prises par la commission officielle du tunnel en faveur de l'opportunité d'une grande expérimentation scientifique à entreprendre par les Gouvernements sous les deux rives du détroit.

L'auteur a cru devoir indiquer, dans une note de l'appendice de son mémoire, l'absence de similitude existant entre les conditions physiques du tunnel de la Tamise et celles du tunnel sous-marin. L'absence complète, même d'analogie, dans la nature des milieux traversés par ces deux monuments, dispense d'insister davantage sur ce sujet.

En terminant l'examen du tracé, M. Thomé de Gamond a dû aussi aborder,

avec la sobriété dictée par les convenances, la question politique et militaire touchant la démarcation et la défense des territoires, en ce qui concerne le tunnel sous-marin. Il était utile d'aller au-devant de certaines objections puisées dans des susceptibilités nationales, d'ailleurs légitimes, pour démontrer que la situation du monument projeté sous le plan d'eau de la mer en permettrait à toute heure la suppression immédiate par submersion temporaire.

Tel est l'aspect de l'étude préalable des milieux submergés, à travers lesquels il semble possible, dès à présent, sous réserve d'une information plus complète, de projeter le permecent d'un tunnel souterrain dans ce détroit. Maintenant que les conditions diverses de cet état des lieux préparatoire ont pu être précisées, il est permis d'envisager la question capitale du projet, le percement.

Le percement du tunnel, pris dans son acception théorique absolue, c'est *l'envoi d'une galerie de mine, à travers un système de roches stratifiées, sous le plan d'eau de l'Océan.*

Le problème ainsi défini permet d'éliminer, comme subordonnées, pour les reprendre successivement à leur tour, toutes les propositions secondaires ou accidentelles qui en découlent. On peut, au moyen des documents déjà fournis par l'étude, apprécier la mesure relative des obstacles, et évaluer avec une certaine précision celle des forces à mettre en œuvre pour l'exécution.

Tout porte à croire que si cette exécution est décidée, on voudra faire de grands efforts pour qu'elle soit accomplie dans le plus court espace de temps possible. A part le désir de l'utilisation prochaine du monument suivant sa destination, il est d'une bonne gouverne de soustraire, par un avancement rapide, un atelier souterrain à toutes les perturbations fortuites résultant de sa nature, et auxquelles il reste exposé en raison de la durée des travaux.

De là l'utilité d'attaquer l'œuvre par plusieurs points à la fois. Cette utilité devient même une nécessité, ainsi que l'auteur a cherché à le démontrer dans son avant-projet, en présence de la difficulté sérieuse de maintenir, dans le plan de l'azimut, l'axe de galeries souterraines inclinées à l'encontre et exposées, en raison de la distance, à des divergences notables.

Ces deux conditions réunies ont paru à M. Thomé tellement dominer la conception pratique de l'exécution, qu'il a cru devoir leur subordonner le plan d'attaque développé dans son mémoire. Ce plan d'attaque propose pour le percement parcellaire du tunnel l'érection, dans la masse liquide du détroit, d'une série de treize îlots factices d'enrochements conglomérés par l'argile, à travers lesquels seraient foncés dans le solide treize puits de mine blindés en fonte et en maçonnerie. Sur ces treize îlots seraient installés les ateliers d'extraction et des observatoires pour le raccordement extérieur des sections, ainsi que pour la transmission rectiligne de l'axe dans les galeries souterraines. C'est au moyen de cette subdivision de l'œuvre en quatorze sections que l'attaque parcellaire peut être entreprise sur vingt-huit ateliers à la fois, dont la longueur n'excédera pas 1,500 mètres, et que l'on peut entrevoir l'achèvement du tunnel en peu d'années.

Suivant le calcul de l'auteur, les trois opérations distinctes pour la création du tunnel sous-marin se résumeraient ainsi :

Première année :

Construction des treize îlots et foncement des puits.

Deuxième année :

Percement des cinq sections directrices.

Troisième, quatrième, cinquième et sixième années :

Percement des neuf grandes sections du tunnel.

Ce qui porte à six ans les prévisions pour l'achèvement complet de l'œuvre.

Après cet achèvement, les îlots factices, devenus désormais un échafaudage superflu pour l'exploitation du tunnel, M. Thomé de Gamond a proposé d'en faire sauter le sommet, par des chambres de mine, pour en débarrasser le détroit.

La question des échafaudages sous-marins, pour l'attaque parcellaire du percement, est de nature à exciter vivement la sagacité des ingénieurs. C'est en cherchant la solution la plus élémentaire pour ce problème que l'auteur propose de couler des îlots de roches pour foncer des puits d'attaque à travers un milieu solide et imperméable. On lui a reproché déjà la trop grande ampleur donnée à ces moyens d'exécution dans le projet, le développement trop colossal de ces pyramides sous-marines, et l'énorme dépense de leur établissement, qui coûterait en effet vingt-quatre millions. Il est vrai qu'à cet égard, toute parcimonie dans la dépense, pour l'érection des pyramides d'attaque, apparaît à M. Thomé comme une erreur de principe, erreur qui entraverait le succès de l'œuvre et compromettrait la vie des hommes. Combien de créations ont éprouvé des échecs ou des sinistres, faute de moyens d'exécution assez puissants dès le début!

M. Thomé de Gamond invite ses confrères à étudier les conditions de la création de ces échafaudages, à examiner s'il ne conviendrait pas, même au prix d'une plus forte dépense, d'en élargir les bases pour en adoucir les talus, et mettre par là les accores à l'abri des dégradations partielles. Il serait utile de rechercher, par la comparaison des travaux accomplis ailleurs, et par l'examen local des matériaux, les meilleurs procédés pour l'embarquement, le remorquage et l'immersion des roches. Le débat de ces questions aurait pour effet, sans doute, de dissiper des préjugés existants à l'égard des ouvrages à la mer, même chez des hommes très éclairés, mais disposés à s'effrayer préalablement à l'examen, et, comme par sensation instinctive, à l'idée de tout projet de travail construit dans la mer. M. Thomé pense que les ingénieurs qui s'occuperont de ces recherches seront virtuellement conduits à se prononcer sur la valeur de l'expédient qu'il propose et que, dès à présent, il abandonne à leur critique. Il est convaincu que la sagacité de ses confrères pourra leur en suggérer d'autres qui devront lui être préférés sans doute, s'ils présentent une

égale sécurité dans le but, avec des conditions plus faciles ou plus économiques dans leur établissement.

L'importante question du percement est digne de provoquer l'étude des ingénieurs qui se sont voués à l'exploitation des mines et aux travaux souterrains Elle pourra surtout fixer l'attention de ceux qui dirigent leur intelligence vers la discipline des forces mécaniques.

Puis viendra la question de la construction, qui se présente comme le couronnement final de l'œuvre. La figure 6 des planches du mémoire publié donne la coupe transversale proposée pour la construction du tunnel. C'est un cylindre parfait, voûté en moellons appareillés, offrant, dans son arc supérieur, une section ouverte de 9 mètres de largeur sur 7 mètres de haut. Le segment inférieur du cylindre inscrit un conduit d'assainissement pratiqué dans un massif en blocage, supportant un double railway. M. Thomé propose, pour les moellons d'échantillon, le calcaire carbonifère du Haut-Banc, près de Marquise, connu dans la contrée sous le nom de pierre de Steinkalk, dont l'écrin géologique présente les variétés. Il évalue à 50 fr. le mètre cube, et à 150 fr. le mètre courant, la seule bâtisse des anneaux de revêtement.

On lui a reproché déjà l'exagération de cette dépense, qui se rapporte à celle des arches de pont de Paris; mais elle lui a paru devoir être prévue pour répondre à toutes les éventualités, en raison de la situation de l'atelier et de ses difficultés d'accession.

La dépense du tunnel sous-marin se diviserait en trois articles, résumés comme il suit en chiffres ronds :

Les échafaudages sous-marins.	24,000,000
Le percement de la galerie à l'extrados.	28,000,000
La construction.	60,000,000
Ensemble	112,000,000

Soit, pour 33 kilomètres, 3,400 fr. par mètre courant.

Le total des dépenses prévues au projet se résumerait ainsi :

Voie sous-marine.	112,500,000
Voies d'accession.	21,450,000
Embranchements.	10,050,000
Stations	12,000,000
Matériel	8,000,000
Administration	6,000,000
Total.	170,000,000

On entrevoit combien ce chiffre, premier point de départ du projet, pourra varier suivant les modifications que recevra ce projet.

M. Thomé a cherché à maintenir la conception dans les données géométriques les plus élémentaires, celles qui résument en même temps la plus grande accumulation des forces exprimées par les principales figures de l'œuvre. Le

tracé du tunnel, c'est une droite; sa coupe transversale, c'est une circonférence; la section des îlots, c'est un trapèze. Placé dans ces conditions de simplicité, le projet laisse la porte ouverte à toutes les modifications.

La question du matériel pour l'exploitation du tunnel ne présentera pas, peut-être, un bien notable intérêt, en ce sens qu'il est désirable que le tunnel soit exploité par un matériel analogue à celui des chemins de fer avoisinants; mais l'étude du matériel spécial pour la construction offrira un très grand intérêt. Le dernier mot du progrès actuel dans le génie mécanique devra être dit pour les appareils destinés au percement dans les roches dures et les argiles, au blindage parcellaire de l'extrados et des sections ouvertes; à l'extraction, à la navigation auxiliaire, à l'épuisement et à l'aérage dans les galeries souterraines.

Pour plus de lucidité, il serait désirable que ces sujets, si variés et si différents, fussent traités séparément, dans des notes spéciales, par les personnes que ces questions intéressent et qui auraient le loisir de s'en occuper. L'ensemble de ces travaux, collectifs ou individuels, serait recueilli dans une publication prochaine dont l'auteur du projet a déjà réuni quelques éléments. Ainsi cette étude, qui s'est présentée d'abord comme un essai isolé, prendrait le caractère d'un travail collectif, et il résulterait de ce concert des intelligences une imposante autorité qui, par une marche lente peut-être, mais méthodique et sûre, conduirait ce projet à l'exécution.

A ceux qui prétendent que ce projet est inexécutable, parce qu'il est colossal, l'auteur répond qu'il n'est aucune partie de cette œuvre qui n'ait son équivalent réalisé dans les travaux exécutés depuis trente ans. On peut même regarder le tunnel sous-marin comme la synthèse confirmative d'une grande œuvre contemporaine, dont les travaux antérieurs sont la démonstration partielle. En ajoutant les uns aux autres, par la pensée, les tunnels de la Bouzanne, de la Nerthe, de Bleekingley, de Saltwood et de Rolleboise, dans l'ordre présentement indiqué, l'on aura les équivalents identiques, par natures de terrains, et comme autant de spécimens des grands anneaux du tunnel sous-marin.

Mais les îlots à la mer? — Les îlots! répond M. Thomé : voyez Cherbourg, Plymouth, Alger, voyez surtout Portland! Ces digues représentent un ensemble de travaux bien autrement considérables que les treize cônes proposés dans le détroit. Prenez treize sections d'une seule de ces digues, jetez-les à la mer sur un même axe dans le détroit, et voilà nos îlots! Avec cette différence pourtant, tout à l'avantage du projet, que ces pyramides, construites dans la haute mer, y seront exposées à une agitation moins dangereuse que sur la plage littorale, où la proximité des côtes soulève une agitation plus intense.

L'aspect d'un projet, selon M. Thomé, n'est colossal que relativement à d'autres types, et les grandes proportions de celui-ci trouvent des limites en présence des forces dont disposent la France et l'Angleterre, qui sont aussi, on l'accordera sans doute, au point de vue de la puissance, des nations colossales.

En terminant cet exposé, M. Thomé de Gamond rappelle à la Société ce qu'il écrivait récemment à l'institution des ingénieurs de Londres : que son travail

n'est qu'une étude préparatoire pour une information plus précise; laquelle ne peut être continuée actuellement qu'avec la volonté et les forces réunies des deux puissantes nations. Il se croit fondé à penser que l'on verra bientôt une coopération internationale dans ce but. Il espère fermement que cette expérimentation sera suivie d'une décision sérieuse, et il paraît convaincu déjà que les ingénieurs, qui ont porté l'art des grandes constructions à un si haut degré, en Europe et dans les deux mondes, envisageront cette entreprise d'un œil intrépide, et trouveront dans leur génie la mesure des forces nécessaires pour vaincre de grands obstacles, en vue d'un but aussi utile et aussi glorieux.

M. Thomé ajoute qu'il se tiendrait pour très heureux et très honoré, si le travail auquel il s'est dévoué pouvait contribuer, par son caractère international, à resserrer plus fortement encore les liens sympathiques qui unissent notre institution à celle des ingénieurs civils de Londres.

Mais M. Thomé fait observer que ni les lumières de la science contemporaine, ni les marteaux de l'industrie, en disciplinant pour cet objet toutes leurs forces, ne pourraient réaliser une telle entreprise, si elle n'était préparée par un état particulier des esprits; concert moral que, dans son mémoire, il a comparé à un élan religieux. On ne peut le méconnaître, ce concert moral des esprits se manifeste aujourd'hui par d'irrécusables signes, et doit devenir désormais le levier irrésistible pour l'exécution des grandes choses.

. . .

PROGRAMME DE QUESTIONS POUR SERVIR A LA DISCUSSION QUI DOIT AVOIR LIEU DANS LA SÉANCE DU 20 NOVEMBRE.

1° *Les échafaudages sous-marins.*

La question la plus importante est celle qui aurait pour objet d'examiner par quels moyens il est possible de subdiviser l'attaque du percement du tunnel par sections partielles, afin de réduire par là le projet à des proportions pratiques en rapport, pour l'étendue et la durée, avec celles des travaux précédemment exécutés.

Les îlots d'enrochements coulés au large, selon le projet, à travers la masse liquide de la mer, sous une inclinaison générale de 35 degrés, pour l'attaque parcellaire du tunnel, présentent-ils des garanties suffisantes contre les avaries provenant des grosses mers?

Dans le cas où ces cônes, dont la destination est provisoire, selon le projet, recevraient une destination permanente, conviendrait-il d'augmenter leur masse, soit en les modifiant par une inclinaison moins raide des talus?

Quels seraient les autres systèmes d'échafauds sous-marins à proposer, pour atteindre le même but avec autant de sécurité et plus d'économie?

2° *Les engins de percement.*

Quels sont les meilleurs engins proposés ou à proposer pour l'attaque directe par l'acier des roches pierreuses et argileuses, sans l'intervention de la poudre? Présenter, par la comparaison des précédents connus, ou d'après des données

nouvelles, les principes précis qui doivent diriger dans la construction des *béliers de déblais*, pour le percement intégral ou parcellaire des galeries de mine. Rechercher s'il serait possible, au moyen d'une disposition spéciale des organes, de construire des appareils aptes à la fois à l'attaque des roches dures et des argiles? Où serait-il préférable d'appliquer au percement de ces différents terrains des engins distincts, pourvus d'organes appropriés à chaque destination? Préciser sur quels principes différents devrait reposer la construction de ces appareils.

Quel serait le degré moyen d'avancement probable de ces appareils dans les roches oolithiques de dureté analogue à celle du calcaire grossier parisien? Quel serait le degré d'avancement probable d'engins spéciaux pour la traversée des argiles?

3° *Boisage dans les terrains argileux, éboulеux ou aquifères.*

Etudier un système de boisage pour l'excavation et le muraillement simultanés d'une galerie à grande section, de 11 à 12 mètres à l'extrados. Examiner les avantages de la substitution au boisage par pieux et par planches, d'un système de blindage mécanique comprenant un cadre de front, unique ou subdivisé, combiné au besoin avec un cuvelage métallique horizontal, dont les segments seraient susceptibles d'être abandonnés pour les cas à prévoir où la traversée de terrains aquifères et éboulants rendrait nécessaire le muraillement sur cuvelage perdu.

Comparer l'application du bouclier de Brunel, pour le tunnel de Londres, avec ce qui a été fait depuis à Saltwood et dans les mines du continent, et déduire de cette comparaison ce qui peut être proposé pour un appareil de blindage approprié à un avancement plus rapide, par suite d'engins mécaniques pour l'excavation.

4° *Aérage.*

Par la comparaison des meilleurs procédés d'aérage usités dans les mines, foyers d'appel, soufflage ou aspiration, examiner celui qui paraîtrait le mieux approprié à l'aération d'une galerie à grande section prolongée jusqu'à 2,000 mètres. Utiliser, pour le renouvellement de l'air, sur les points les plus fréquentés de la galerie, la présence des trottoirs projetés dans les souterrains, en établissant sous leur plancher des conduits métalliques à grand diamètre, pour un système de ventilation qui, après avoir fourni à l'aérage provisoire pendant le percement, deviendrait ensuite permanent, si besoin était, pour l'exploitation ultérieure du tunnel.

SÉANCE DU 20 NOVEMBRE.

Présidence de M. Ch. Callon.

M. Faure, au nom de M. Lagout, ingénieur en chef des chemins de fer romains, présente à la Société une note descriptive de trois projets relatifs aux constructions civiles :

1° Un système de poutres cambrées, formées d'un madrier ordinaire armé de semelles superposées prises dans le déchet du débitage, et donnant à la pièce achevée la forme d'un solide à courbe parabolique, obtenu avec économie. Ces poutres, essayées sur le chemin de fer du Midi et dans les contrées méridionales de la France, ont, dit l'auteur, donné de bons résultats.

2° La seconde proposition de M. Lagout est relative à l'emploi des algues marines, substance, dit la note, légère, infermentescible, à peu près incombustible, isolante de la chaleur, du froid et du bruit, à l'aide de laquelle on peut garnir les toitures et les cloisons de bâtiments, avec peu de frais et de grands avantages.

M. Lagout propose, en troisième lieu, l'emploi des roseaux du Midi réunis en clayonnages, pour faire, également à très peu de frais, des cloisons légères, mais très durables, ainsi que des baraques de campement d'un transport facile.

A sa note, M. Lagout joint des mémoires remplis de chiffres annonçant de grands avantages, mais parmi lesquels rien ne paraît avoir été compté pour les transports.

Un Membre dit que, dans le département de la Somme, entre autres, ces clayonnages en roseau s'emploient depuis longtemps, mais pour les légères cloisons qu'on ne craint pas de renouveler souvent.

Un Membre répond que le roseau du Nord dont on parle diffère non-seulement comme nature, mais comme résistance et durée, du roseau du Midi, qui n'est autre que la canne lisse et dure, sorte de bambou creux, quoique léger et très solide.

M. Faure ajoute que M. Lagout indique la méthode à suivre pour tirer le meilleur parti de ses clayonnages ; que l'une des premières précautions qu'il recommande est de les isoler de l'influence d'un sol humide, et qu'au lieu de les employer, comme dans la Somme, à des séparations de dernière importance, il en compose de véritables bâtiments.

M. Poloncéau entretient ensuite la Société des perfectionnements qu'il a

apportés à la grille à gradins de MM. de Marsilly et Chobrzynski. On se rappelle que cet appareil, dont l'emploi est satisfaisant avec les houilles du Nord, même les plus fines, s'encrasse et se brûle en peu de temps avec les houilles impures en faisant beaucoup de mâchefer. En outre, la forme du foyer rend le piquage du feu très difficile. Au chemin de fer d'Orléans, on a conservé, près de la porte du foyer, une plate-forme où le combustible se dépose à la pelle, et qui n'est autre que le premier gradin supérieur, plus élargi, de la grille Chobrzynski. A la suite, et au lieu des autres gradins, M. Polonceau emploie de simples barreaux ordinaires inclinés, comme dans les chaudières des bateaux à vapeur, et le long desquels le combustible descend par les trépidations de la locomotive en marche; l'extrémité de cette grille inclinée est disposée en *jette-feu mobile*, afin qu'on puisse délivrer, au besoin, le foyer du combustible incandescent, sans renverser le reste de l'appareil. Celui-ci, dans son ensemble, a donné de bons résultats, non-seulement en opérant comme celui de M. Chobrzynski, mais encore parce qu'on peut y piquer le feu à volonté aussi facilement qu'en dessous des anciens foyers à grille plate.

Un Membre dit qu'au chemin de fer du Nord, où la grille à gradins continue à être d'un bon emploi, on devait, dans le projet primitif, enlever la partie arrière de la boîte à feu, qui gêne le piquage. Les locomotives nouvelles pourront être ainsi aménagées, sauf à allonger la boîte à feu pour regagner la surface de chauffe sacrifiée. Mais on n'a pas osé faire cette modification dans les locomotives actuelles, la nature du charbon ne rendant pas nécessaires de fréquents piquages à fond. Le foyer de la chaudière de la machine fixe, qui est en activité depuis plusieurs années aux ateliers, est installé conformément au projet primitif, et l'on y brûle, en service courant, le poussier impalpable de houille, déchet des soutes de tenders, ce que ne pourrait faire la grille à barreaux inclinés de M. Polonceau, à l'imitation de la marine.

M. Polonceau répond que ce sont en effet des charbons en gaillettes qu'il se propose de brûler, mais des charbons impurs dont l'emploi serait incompatible avec les grilles à gradins.

M. Dumery dit que lui aussi a dû se préoccuper de la mauvaise qualité de certaines houilles, dont la production abondante de scories fusibles gênait les fonctions de l'appareil à combustion dont il a, à différentes fois, entretenu la Société. Mais, en laissant prendre à quelques-uns des barreaux un léger mouvement d'oscillation latérale, il est arrivé à ce que la scorie liquide se sépare du plan de ces barreaux et se forme en une goutte sphérique isolée qui ne tarde pas à tomber d'elle-même.

M. Polonceau annonce ensuite qu'on est en voie de généraliser dans le matériel du chemin de fer d'Orléans les boîtes à huile et à graisse dure combinées dont il a déjà signalé l'emploi dans les voitures du train impérial. Mais afin que la fusée reste lubrifiée à l'huile seule dans l'état ordinaire, que la graisse dure n'y arrive qu'à un degré déterminé d'échauffement et que les deux lubrifiants restent séparés dans les conditions normales du service, il a été ajouté à l'entrée des lumières à graisse un petit bouchon d'alliage fusible qui disparaît d'abord au degré voulu avant de laisser descendre cette graisse.

Tant que celle-ci reste à son premier état dans sa boîte à couvercle, le visiteur du train juge de suite que tout se passe bien; et lorsque, la fusée ayant chauffé, l'alliage fusible a disparu, on le remplace à la station prochaine, après avoir tout remis en état.

Pour les locomotives, ajoute M. Polonceau, un de ses mécaniciens a eu l'idée d'envoyer dans la boîte à graisse qui chauffe, un jet d'eau venant de la pompe alimentaire, à l'aide d'un tube et d'un robinet *ad hoc*. Cette injection a jusqu'ici très bien réussi, particulièrement dans une série de machines où les roues d'avant, très chargées, avaient une sensible tendance à chauffer.

Un Membre dit que cette injection d'eau sur les fusées chaudes doit y produire un trempage non sans énergie.

M. Polonceau répond que ce trempage se produit en effet d'une manière sensible, et que les fusées qui l'ont subi se distinguent par un poli magnifique.

On fait observer que ce lubrifiage à l'eau s'emploie dans la marine à vapeur pour le palier de butée des arbres *porte-hélice*.

On ajoute que le même procédé s'emploie aussi pour les tourillons de laminoirs dans les forges.

Un Membre dit enfin qu'en général l'eau est un lubrifiant excellent, tant que la pression entre le tourillon et le coussinet n'est pas assez forte pour empêcher l'introduction du liquide entre les surfaces.

L'ordre du jour appelle une communication de M. Desnos sur une nouvelle hélice propulsive proposée par le capitaine Vergne, pour la marine à vapeur. M. Vergne, admettant en principe que les hélices ordinaires perdent beaucoup d'effet utile dans le mouvement centrifuge communiqué aux molécules liquides et par les vibrations autour de l'hélice, s'est proposé de retenir celle-ci sur les ailes d'hélice, en munissant leur surface de petites nervures saillantes en travers, hélicoïdales et équidistantes. L'essai de ce propulseur a eu lieu comparativement avec une hélice en tout semblable, à ailes lisses, sur l'aviso *Le Vigilant*, dans la rade de Toulon. La force nominale du navire est de 60 chevaux. Les hélices avaient 8 mètres de diamètre et 4m.40 de pas moyen. D'après le rapport officiel des commissaires, l'augmentation de vitesse avec le nouveau propulseur a été de 7/10 de nœud à égalité de circonstances. Mais le résultat le plus important a été la cessation des vibrations du navire et des remous de l'eau en arrière de l'étambot. Ces remous ne se produisaient qu'à 7 ou 8 mètres plus loin que le navire, et son sillage immédiat était aussi calme que celui d'un voilier. La commission a conclu pour une expérience en grand; et on affirme que le vaisseau de premier rang *La Bretagne* est le bâtiment désigné par le ministre pour recevoir l'hélice Vergne, que M. Mazeline est chargé d'installer.

Un Membre fait remarquer que cette hélice paraît avoir le même but que l'hélice dite à cuiller, exposée en 1855 au Palais de l'Industrie par M. Holm, l'un des premiers propagateurs de l'hélice marine, qui vient de mourir sans avoir pu jouir du fruit de ses savants et nombreux travaux.

Un autre Membre dit que tout en respectant la mémoire de M. Holm, il se croit obligé de dire que l'hélice à cuiller, essayée sur le yacht impérial *La*

Reine Hortense, ne paraît pas avoir réussi, et qu'il l'a vu enlever, en 1856, au bassin de radoub de Toulon.

On répond que, dans l'hélice Holm, le but était peut-être dépassé par la courbure trop considérable donnée au bord extérieur formant la cuiller; et que si le principe de retenir l'eau sur l'hélice est vrai, les petites saillies de M. Vergne paraissent mieux de nature à le réaliser.

Un autre Membre craint que l'hélice Vergne n'ait beaucoup de frottement dans la masse liquide, et il rappelle qu'on s'attache à éviter les pertes de force dues à l'action centrifuge, en faisant des hélices aussi courtes que possible et en les émargeant autant qu'il se peut faire. On s'explique assez bien, d'ailleurs, que la masse liquide qu'entraîne l'hélice Vergne à l'aide de ses saillies atténue les secousses du navire en faisant volant.

Un autre Membre remarque qu'en effet ce nouveau propulseur renverse les idées admises jusqu'ici, puisqu'on s'attachait à rendre les ailes aussi lisses que possible. Il ajoute, toutefois, que les causes de pertes de force signalées par M. Vergne sont généralement admises aussi, à ce point que, pour produire le moindre ébranlement dans la masse liquide, on en est venu quelquefois à transformer les ailes d'hélice en véritables rames étroites. Mais il s'étonne que la commission ait fait un rapport si favorable après un si petit nombre d'essais, dont chacun a d'ailleurs été très court.

M. Desnos répond que le caractère significatif de ces expériences a été la grande distance en arrière où se produit le remous, d'où il suit que, conformément à la théorie de M. Vergne, la masse liquide s'échappe bien réellement suivant l'axe de l'hélice, et non latéralement. C'est ce fait, uni à l'absence de vibration, plus encore qu'une augmentation de vitesse, que trop de circonstances étrangères peuvent toujours influencer, qui a décidé de faire un essai décisif sur le plus grand navire à vapeur de France.

Un Membre regrette que M. Vergne ait donné la préférence à une hélice à six branches, qu'on ne saurait remonter dans le puits *ad hoc*, à moins de donner à celui-ci une largeur démesurée. C'est cette nécessité du puits de remonte, aujourd'hui généralement admise, surtout pour les navires mixtes, qui a poussé les constructeurs anglais à préférer si souvent l'hélice à deux branches larges et opposées, malgré les contre-coups qu'elle fait ressentir au navire lorsqu'elle passe en s'effaçant devant l'étambot. Mais il est probable que le principe de M. Vergne, s'il est vrai, recevra tout aussi bien son application, soit dans l'hélice à ailes pliantes de Solier, soit dans l'hélice Mangin, où les ailes, en nombre indéfini, sont placées l'une devant l'autre avec tous les avantages des hélices à ailes en croix, unis au peu de largeur de l'hélice à deux branches opposées.

Un autre Membre, en appuyant cette dernière opinion, ajoute, en ce qui touche l'hélice Mangin, que la continuation des essais en grand paraît toujours très favorable.

M. le Président conclut, pour sa part de cette discussion, que sans doute les essais de l'hélice Vergne n'ont pas été assez prolongés pour être décisifs,

mais que les principes qu'elle veut réaliser méritent l'attention, et il remercie M. Desnos d'en avoir saisi la Société.

M. Guillaume appelle à son tour l'attention de la Société sur un article du journal anglais *The Engineer* (n° de septembre 1857), relatif à la régularisation des horloges électriques, et dont il donne la traduction suivante :

Depuis l'application de l'électricité à la télégraphie, on a eu recours à plusieurs méthodes pour conduire des horloges à distance par une horloge normale ; mais ceux qui ont acquis beaucoup d'expérience en cette matière ne savent que trop quels retards peuvent survenir par l'interruption du courant galvanique, interruption qui, nécessairement, cause l'arrêt de toutes les horloges sympathiques.

Par la disposition très ingénieuse que nous allons décrire, on évite ce grave inconvénient; elle est due à M. Jones, de Chester, qui en a fait l'application à l'horloge de l'Hôtel-de-Ville de Liverpool. Cette horloge, qui sert de régulateur aux courtiers de la Bourse, donnait lieu à de graves inconvénients par sa marche irrégulière; sur la recommandation de l'auteur de l'article, le système de M. Jones y a été employé avec un plein succès.

L'horloge de Liverpool, dans son état actuel, avec les perfectionnements qui y ont été apportés, ne diffère en rien d'une horloge ordinaire, si ce n'est que la lentille du pendule est un électro-aimant qui passe, à chaque oscillation, devant des aimants fixes. A chaque transmission de courant par l'horloge normale de l'Observatoire, cette lentille devient un aimant, et l'attraction ou la répulsion entre elle et les aimants fixes l'oblige d'osciller en parfait accord avec le pendule de l'Observatoire.

Le fil conducteur du courant a environ un mille de longueur (1650 mètres) et la puissance régulatrice est si grande, qu'un seul élément, chargé avec de l'acide très faible, suffit pour régulariser le mouvement de l'horloge de l'Hôtel-de-Ville, même lorsque le pendule de cette horloge est tellement allongé ou raccourci, qu'il en résulterait un retard ou une avance de plusieurs minutes par jour, sans le contrôle de l'Observatoire. En pratique, toutefois, on a raison de régler le pendule aussi exactement que possible, afin qu'en cas d'interruption de courant, l'horloge sympathique, non-seulement contitue à marcher, mais ne soit même pas susceptible d'erreurs plus considérables qu'une horloge ordinaire; et, comme une variation, même d'une fraction de seconde, suffit pour accuser l'inaction du courant, l'interruption peut être découverte et réparée avant que le public ait éprouvé aucun inconvénient.

Dans la fenêtre du bureau de la compagnie du télégraphe électrique, qui est à peu de distance de l'Hôtel-de-Ville, il y a une horloge sympathique à secondes qui est aussi commandée par l'horloge normale de l'Observatoire; et, à la fin de chaque heure, dès que l'aiguille des secondes tombe sur la soixantième division, on entend le premier coup de marteau de l'horloge de l'Hôtel-de-Ville, à la grande admiration de beaucoup de personnes qui s'assemblent chaque jour pour être témoins de ce nouveau résultat.

L'horloge de l'Observatoire est une horloge astronomique ordinaire, dont les

ressorts de contacts électriques sont assez minces pour ne pas influer sensiblement sur la marche.

L'appareil du bureau télégraphique porte une disposition pour laquelle il indique à l'Observatoire sa marche régulière à la fin de chaque minute. Cela a lieu au moyen d'un petit ressort qui se trouve en contact avec un bouton fixé à la roue à secondes, à chaque révolution de cette roue, et forme ainsi un circuit entre la batterie du bureau télégraphique et un indicateur placé à l'Observatoire.

Des dispositions ont aussi été prises pour pouvoir régler l'horloge sympathique, depuis l'Observatoire; on se sert à cet effet de deux poussoirs; si l'horloge de l'Hôtel-de-Ville avance, on presse un des deux poussoirs, et l'horloge s'arrête tant que dure la pression; si elle retarde, au moyen de l'autre poussoir, on envoie un courant additionnel.

SÉANCE DU 4 DÉCEMBRE 1857.

Présidence de M. Faure, *vice-président.*

M. le Président donne communication d'une lettre de M. Amable Cavé, contenant l'indication de divers appareils mécaniques de son invention, déjà employés dans les mines, et dont il propose l'usage comme moyen d'exécution du tunnel sous-marin du Pas-de-Calais dont M. Thomé de Gamond a exposé l'avant-projet.

La discussion des moyens proposés par M. Amable Cavé est renvoyée, avec celle du projet principal de M. Thomé de Gamond, aux séances de janvier prochain.

M. le Président a pensé que la Société entendrait avec intérêt des détails sur les nouveaux essais qui ont eu lieu les 28, 29 et 30 novembre pour la mise à l'eau du *Léviathan*; en conséquence, il va essayer de résumer rapidement deux longs articles publiés dans les numéros du journal *The Times*, des 30 novembre et 1er décembre.

L'auteur de ces articles signale la cause première de l'insuccès des tentatives antérieures; elle réside dans la nature éminemment marécageuse et compressible du sol sur lequel a été édifiée cette masse gigantesque dont le poids dépasse 12,000,000 de kil., installée parallèlement au lit de la Tamise, sur deux berceaux assis eux-mêmes sur un système de voies ferrées composées de rails jointifs.

On a cherché à rendre incompressibles les fondations des quatre massifs qui supportent les presses hydrauliques destinées à agir contre les deux berceaux, pour déterminer leur progression lente sur le système de voies ferrées qui les supportent. Dans ce but, chacun des quatre massifs distincts a été installé sur un grillage en pièces de charpente superposées, formant plate-forme, assise sur un système de chapeaux moisés et boulonnés, qui couronnent six rangées de douze pieux de 12 mètres, battus à 10 mètres de fiche. La superficie résistante ainsi créée sous chacun des quatre massifs destinés à recevoir les presses hydrauliques et à répartir sur un espace suffisant les réactions qu'ils devront supporter, n'est pas inférieure à 100 mètres carrés.

Les files de rive des pilotis ont été consolidées au moyen d'une quantité énorme de gueuses de fonte jetées en manière d'enrochement; en outre, la plateforme de chaque grillage a été chargée d'un ballast métallique composé de morceaux de fonte dont le poids total dépasse, pour chaque file, 40,000 kil.

Sur les massifs ainsi fondés on a installé : 1° deux presses hydrauliques dont les pistons ont un diamètre de $0^m.25$ et $0^m.325$; 2° deux presses hydrauliques à deux pistons jumeaux, ayant chacun $0^m.175$ de diamètre.

Ces préparatifs gigantesques avaient été terminés dans la nuit du jeudi au vendredi 27; mais on n'a pas voulu consacrer aux opérations de la mise à l'eau proprement dite *un jour considéré comme néfaste*, et le vendredi a été employé à faire marcher sur les voies ferrées *un berceau d'essai* à base carrée de 3 mètres de côté, disposé et chargé pour fonctionner dans des conditions identiques à celle des deux berceaux qui supportent le navire monstre. Au moyen de cet essai, on s'était proposé d'expérimenter directement la résistance des voies ferrées, la flèche qu'elles prendraient sous une pression déterminée, les résistances de frottement, etc.

Les opérations sérieuses ont commencé le samedi, à 9 heures du matin, sous le commandement de M. Brunel et du capitaine Harrison, au milieu d'un silence imposant. Tous les agrès divers, tous les cabestans, toutes les chaînes d'amarre ont été mises en état de tension, et M. Brunel a pu donner enfin l'ordre de pomper aux presses. Bientôt les grillages ont accusé une dépression dont la flèche a atteint 6 centimètres environ, mais cette limite n'a pas été dépassée et le navire a commencé à progresser. Le glissement des deux berceaux, celui de l'avant, celui de l'arrière, a été d'abord et s'est toujours maintenu inégal; à une heure, le navire, après avoir progressé assez régulièrement de 3 centimètres par minute, avait franchi une longueur totale de $3^m.37$.

L'auteur des articles raconte le désappointement de la foule groupée au dehors du chantier, entassée sur les toits des maisons, refusant de croire à une progression que l'œil ne saurait mesurer, et se retirant enfin en disant : « Au train dont les choses marchent, il sera temps de revenir l'été prochain. »

A une heure, le travail a été interrompu, *les hommes sont allés dîner!* La demi-heure d'intervalle avait suffi pour donner lieu à une nouvelle dépression des charpentes (3 centimètres environ), et il a fallu une heure de travail stérile pour remettre tout en état. Enfin, le navire a recommencé de progresser, après avoir rompu deux de ses chaînes d'amarre ou d'appel, et, à la nuit tom-

bante, le chemin franchi dans cette première journée était de 4m.63 au berceau de l'avant et de 4 mètres à celui de l'arrière. L'effet désastreux du premier arrêt n'a pas empêché que l'on commît l'imprudence de ne pas continuer la manœuvre pendant la nuit.

Aussi, le dimanche matin, à la reprise du travail, on a fait de vains efforts en agissant sur tous les engins; on a forcé les palans d'appel, brisé deux chaînes, arraché un bloc de pierre du poids de 15 tonnes, qui avait été précédemment enfoui à grand'peine dans le sol pour servir d'attache à l'une des amarres.

Après une heure d'inutile lutte contre l'adhérence, contre la flexion des charpentes, on a dû installer trois nouveaux engins, *trois béliers* manœuvrés chacun par une équipe de trente manœuvres; nouveaux efforts infructueux encore, après lesquels on est allé requérir tout ce que l'on a pu trouver de *verrins à vis* dans les usines et chantiers voisins, et en outre, deux verrins hydrauliques de 40 tonnes de puissance chacun. Enfin, à trois heures, sous l'action combinée de cet amas d'engins, le géant a commencé à progresser de nouveau, sur le pied de 3 centimètres environ par minute. La nuit venue, et après une progression totale de près de 3 mètres pour la journée du dimanche, on s'est vu forcé d'interrompre les manœuvres. Toutes les amarres avaient cédé ainsi que les chaînes d'appel, et l'on a dû aller requérir des ancres de Trotman, du poids de 4 tonnes, pour remplacer celles qui avaient chassé.

Le lundi matin, après avoir installé à nouveau tout le système des chaînes d'amarre, des chaînes et palans d'appel, les manœuvres ont été reprises. Chose digne de remarque, parce qu'elle a été contraire à toutes les prévisions, à toutes les craintes, le navire a obéi tout d'abord, progressant régulièrement de 15 centimètres par minute; puis, s'accélérant, il avait atteint le taux de 3 centimètres en 40 secondes, mais alors la course des pistons des presses s'est trouvée *insuffisante!!* et l'on a dû recourir à des calages successifs, interposés entre leurs plateaux et les berceaux contre lesquels on devait agir. Quand l'*heure fatale du dîner* a sonné, le navire avait accompli une progression totale de 12m.40 à la proue et 12m.70 à l'arrière : ainsi, l'ordre de progression, entre son avant et son arrière avait changé. Cette nouvelle et *incroyable* suspension du travail a eu des effets désastreux; tous les engins, amenés à leur tension maxima, sont restés à peu près impuissants pendant assez longtemps; tout à coup le navire a glissé sur ses voies, en franchissant d'un bond, et en une seconde, 15 centimètres à l'avant et 27 à l'arrière; ce mouvement soudain s'est accompli avec un bruit formidable et a donné lieu à des vibrations, à une secousse qui a jeté l'effroi dans les rangs de la manœuvre. Tous les efforts tentés ensuite sont restés sans effet sur le navire, devenu complétement insensible; des poutres énormes se sont rompues, et, les avaries réparées à grand'peine, on a agi sur les engins avec toutes les forces disponibles, on a surchargé les soupapes de sûreté des appareils hydrauliques, au point de rendre plus que difficile la manœuvre des leviers. Sous l'effet de ces imprudentes surcharges, le cylindre en fer forgé, de 22 centimètres d'épaisseur, de l'une des presses

hydrauliques, s'est fendu sur toute sa longueur, et le travail a dû être interrompu.

Quelque respect qu'il convienne d'avoir pour les hommes éminents qui ont dirigé cette entreprise inouïe de la progression lente et régulière d'une masse gigantesque du poids de 12,000,000 de kilog., M. le président ne peut s'empêcher de signaler avec insistance la faute *incroyable et réitérée* qui a consisté à interrompre, à quatre reprises au moins, un mouvement commencé, alors que ce mouvement se produisait dans des conditions normales, régulières, sans que l'on ait paru se préoccuper des désastreux effets qui devaient résulter de ces interruptions, sans que l'on parût songer à préparer à l'avance des équipes disposées par relais. Il est permis de croire que, si, le mouvement commencé, la manœuvre avait pu être poursuivie sans interruption, nous aurions eu à admirer un succès, au lieu d'avoir à constater un échec dont le terme ne saurait être indiqué à cette heure.

L'ordre du jour indique ensuite une communication de M. Nozo, sur deux systèmes de signaux permettant aux conducteurs et gardes-freins des convois de chemins de fer de se mettre instantanément en rapport avec le mécanicien pendant la marche des trains.

M. Nozo rappelle que l'ordonnance de 1846, sur la police des chemins de fer, stipulait que les gardes-freins seraient mis en communication avec le mécanicien pour donner le signal d'alarme en cas d'accident.

Dès les premiers temps de son exploitation (1849), la Compagnie du Nord, dans le double but d'établir un contrôle en route et un premier mode de communication avec le mécanicien, avait disposé les marchepieds de toutes ses voitures à voyageurs de manière à permettre aux conducteurs du train de passer sans danger d'une voiture à l'autre, et cela dans toute l'étendue du convoi.

Plus tard (1853), en adaptant aux tenders des machines à voyageurs le même système de marchepieds qu'aux voitures, elle permit aux gardes-freins d'arriver jusque sur la plate-forme même du mécanicien.

Enfin, dans les derniers temps (1855), pour obtenir une communication *instantanée et sans déplacement* entre les agents du train et le mécanicien, elle fit placer sur toutes les machines à grande vitesse un *sifflet spécial*, mis en jeu au moyen d'une corde passant sur toutes les voitures et allant aboutir à la vigie du dernier wagon. Cette corde, qui passe à portée de tous les conducteurs du convoi, est disposée de manière à ne gêner en rien la composition et la décomposition des trains en route.

C'est alors que la Compagnie avait appliqué pour tous les trains de voyageurs la communication par les marchepieds, et spécialement pour les trains de grande vitesse, la double communication par les marchepieds et par le sifflet, que M. le ministre des travaux publics, trouvant les moyens employés sur la plupart des lignes insuffisants, invita toutes les Compagnies, par sa lettre du 18 août dernier, à appliquer le mode de communication autorisé et mis en usage sur le chemin de fer d'Orléans.

Ce mode de communication, dit M. Nozo, consiste à installer sur le tender

une cloche dont le battant est mis en jeu au moyen d'une corde aboutissant à la main de la vigie placée sur le *premier wagon à bagages* qui vient après la machine. Il est entendu que cette vigie tourne le dos à la locomotive, de manière à inspecter du regard toute l'étendue du train.

La Compagnie du Nord, trouvant que la cloche ainsi employée, donnait moins de garantie que le sifflet tel qu'elle l'avait installé déjà, sollicita de M. le ministre des travaux publics l'autorisation de continuer l'application de ce dernier mode de communication pour tous les trains de voyageurs, en se conformant toutefois aux prescriptions de la lettre ministérielle pour ce qui était des trains de marchandises.

Cette autorisation ayant été accordée, M. Petiet, ingénieur du matériel, chef de l'exploitation, fit étudier diverses dispositions de sifflets et de cloches; les modèles que M. Nozo met sous les yeux de la Société sont ceux qui ont été adoptés et appliqués à tout le matériel du Nord.

Le sifflet nouveau, dit *sifflet d'avertissement*, est complétement distinct du sifflet d'alarme que porte chaque locomotive; il a un son beaucoup plus aigu, mais de moindre étendue que lui; il est placé à côté de l'ancien et par conséquent près du mécanicien.

Il se compose essentiellement des pièces suivantes :

1° Un cylindre en laiton ouvert d'outre en outre, mais sur trois diamètres différents; ce cylindre porte *de fusion :* d'un côté, un support vertical pour le levier de manœuvre; de l'autre, un appendice horizontal creux pour recevoir le sifflet proprement dit;

2° Une soupape en bronze à longue tige logée dans l'intérieur du cylindre, pressée par la vapeur contre le siége qui termine l'ouverture intérieure du cylindre, et dont la tige sort d'une certaine quantité, en glissant à frottement doux dans l'ouverture supérieure;

3° Un sifflet, ressemblant fort au sifflet vulgaire, se vissant sur l'appendice horizontal du cylindre creux;

4° Un levier à deux branches en équerre, articulant sur le support, faisant corps avec le cylindre, dont l'une des branches presse sur la tige de la soupape quand on tire sur la corde attachée à l'autre branche.

Le pied du cylindre creux est fileté de manière à permettre de visser l'appareil complet, soit à la cuvette des soupapes, soit sur tout autre point.

Il est facile de comprendre comment fonctionne le sifflet d'avertissement. Quand on tire sur la corde d'un point quelconque du train, la soupape s'ouvre, la vapeur s'introduit dans le cylindre, et, ne trouvant d'autre issue que par l'appendice, s'introduit dans le sifflet, où elle agit comme le souffle de l'homme dans le sifflet vulgaire. Lorsque cesse la tension de la corde, la soupape se referme et le sifflement s'arrête.

Tout l'ensemble, prêt à mettre en mouvement, ne pèse que 2 kil. 500 gr. et ne coûte que 14 fr. 50 c.

Pour les trains de marchandises, à la cloche coûteuse et cassante, on a substitué très avantageusement *des timbres hémisphériques en acier fondu* obtenus par amboutissage, à chaud et au pilon, de disques découpés à la ci-

saille dans des tôles en acier fondu de 4 millimètres d'épaisseur. Trois chaudes et trois amboutis successifs, dans des matrices de forme graduée, suffisent pour obtenir un timbre d'une régularité parfaite et d'une sonorité irréprochable. Après la sortie des matrices, les bords du timbre sont dressés à la meule sans aucune autre main-d'œuvre.

Le timbre est attaché à une arcade en fer méplat, percée à cet effet d'un trou au point culminant. Les deux branches de l'arcade sont repliées horizontalement pour être rivées sur un des côtés du fer à cheval de la caisse à eau, derrière le mécanicien. Le montage de l'ensemble se fait de la manière suivante : On place, d'une part, *sous l'arcade*, une petite rondelle isolante, puis le timbre préalablement percé d'un trou au sommet; d'autre part, *sur l'arcade*, un ressort percé en son milieu et destiné à agir comme rabat et comme isoleur du marteau; puis enfin un piton à chappe, dont la tige taraudée traverse à la fois le ressort, l'arcade, la petite rondelle et le timbre. Un écrou, pressant contre l'intérieur du timbre et se vissant sur le piton à chappe, assemble le tout. Dans le piton à chappe se monte, sur un boulon d'axe, le battant du timbre, disposé en forme d'équerre, dont la branche verticale reçoit la corde pendant que la branche contournée suivant la forme du timbre porte le marteau.

L'appareil fonctionne de la manière suivante :

Lorsque le garde-frein, placé, comme il a été dit, sur le premier wagon qui suit la machine, veut avertir le mécanicien, il tire un coup sec sur la corde et lâche ensuite brusquement, à peu près comme fait un sonneur. Dans le mouvement de traction, le battant s'est levé et la branche verticale est venue heurter le rabat; dès lors, le poids du marteau proprement dit, l'action du rabat et le mouvement de corde s'ajoutent pour faire retomber brusquement le battant et produire le coup sonore.

Le timbre, composé comme il vient d'être dit, prêt à mettre en place, pèse 7k.700 et coûte 14 f. 60

La cloche d'Orléans, dans les mêmes conditions, pèse 13k.700 — 45 f.

Le *timbre seul*, fini, pèse 2k.400 — 8 f.

La *cloche d'Orléans* seule pèse 4k.800 — 15 f.

208 timbres ont été emboutis dans les ateliers de la Compagnie, sans un seul rebut.

Après cet exposé sur la construction et le mode de fonctionnement des deux espèces de signaux destinés à mettre *constamment et instantanément en communication* les gardes-convois et le mécanicien, *pendant la marche des trains*, M. Nozo insiste sur les particularités qui, pour les trains de voyageurs au moins, doivent faire préférer le sifflet à la cloche ou timbre.

Selon M. Nozo, *le sifflet agit toujours et quand même*, lorsqu'il y a tension de la corde et pendant tout le temps que dure cette tension; la corde peut, sans inconvénient pour la transmission du signal, s'étendre sur toutes les voitures d'un train, si long qu'il soit, et être accessible par conséquent à tous les gardes-convois disséminés dans son étendue. Peut-être même pourra-t-on

plus tard la rendre accessible aux voyageurs, quand leur éducation sera suffisamment faite.

La cloche ou le timbre, au contraire, installés conformément à la lettre ministérielle, ne sont accessibles qu'au garde-convoi placé sur le premier wagon qui suit la locomotive, et c'est sur lui seul que repose toute la responsabilité de la transmission d'un signal de détresse.

Si l'on essayait d'étendre la corde des timbres sur toutes les voitures d'un train, il arriverait certainement, dans certaines circonstances atmosphériques, que le frottement dans les supports, joint à la raideur que prend la corde, ne permettrait pas au battant de retomber sur le timbre avec une célérité suffisante pour produire le son.

Enfin, dès qu'un cas de détresse se manifeste, il faut, en thèse générale, que les signaux à faire exigent le moins possible de présence d'esprit de la part des agents. M. Nozo trouve qu'il en faut beaucoup moins pour faire fonctionner le sifflet que pour faire agir la cloche.

Pour les trains de marchandises, il serait fort difficile sans doute de conduire une corde dans toute l'étendue d'un train *composé quelquefois de* soixante *wagons* de toutes formes et surtout de toutes hauteurs; l'intérêt d'ailleurs est certainement moindre que pour les trains de voyageurs. On peut donc se borner à l'installation du timbre mis en communication avec la vigie placée sur le wagon qui suit la locomotive.

M. Nozo, en terminant sa communication sur les timbres, présente l'une de ces pièces brutes de forge obtenue d'une seule chaude et dans une seule matrice finisseuse. Plusieurs timbres montés ont même été obtenus de cette façon. Toutefois, on remarque que les bords sont légèrement festonnés et que le son est moins plein et moins fort que celui des timbres obtenus avec l'emploi de trois matrices.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer qu'à part quelques plis peu sensibles sur les bords et difficiles à éviter entièrement, cette pièce est très bien finie et qu'elle fournit une nouvelle preuve des ressources de tous genres que peut offrir l'acier fondu.

M. Nozo ajoute qu'à une époque antérieure on a essayé, aux ateliers du Nord, d'emboutir, par des procédés analogues, des tôles douces ordinaires et minces pour fabriquer des ustensiles de ménage; et qu'à la suite de ces essais une manufacture importante a dû être montée.

UN MEMBRE dit que la manufacture en question existe en effet à Ars-sur-Moselle, près de Metz, sous le nom de Casserolerie mécanique; qu'on y emboutit, même à froid et par gradation dans des étampes, des vases de toute forme, à l'aide de machines spéciales rappelant toujours le principe du pilon à chute libre.

M. CAVÉ rappelle qu'en 1831 il a fabriqué, par des procédés d'emboutissage analogues, des calottes en fer forgé d'une seule pièce, soit pour des bouts de chaudières cylindriques, soit pour servir de creusets à fondre le zinc, ayant 1 mètre de diamètre sur 80 centimètres de creux. En 1843, il a installé couramment dans ses ateliers du faubourg Saint-Denis une fabrication de creusets en

fer forgé d'une seule pièce pesant jusqu'à 300 kilogr., en forme de dé, et emboutis sans soudure, pour la fusion de l'argent aux Monnaies de France, d'Egypte et du Chili. Comme M. Nozo, M. Cavé fait le travail en trois chaudes et avec trois étampes, et, comme lui, il a cherché vainement à l'opérer d'un seul coup et par une seule chaude : d'où il suit que la première condition de l'emboutissage et des procédés analogues pour ne pas altérer la matière, est de ne l'amener à la forme voulue que par degrés insensibles.

Comme exemple des ressources que peuvent offrir les procédés d'emboutissage, même pour les plus grosses pièces, M. Cavé cite encore les chaudières à vapeur du système Boutigny d'Evreux, qu'il a exécutées également d'une seule pièce, sur 1 mètre de diamètre et 1m.50 de creux, en les étirant à travers des bagues, après les avoir embouties au pilon et à l'étampe, comme les creuset qui précèdent.

L'ordre du jour appelle ensuite une communication de M. Debos sur les meules artificielles de M. Ransome. Dans le but de dispenser l'Angleterre de venir prendre en France, et spécialement à la Ferté-sous-Jouarre, les meules à moudre dont ce pays a le monopole, grâce à ses meulières naturelles bien connues, les mécaniciens anglais ont essayé d'abord les meules d'acier, qui coûtent cher et s'usent vite; puis, diverses compositions siliceuses. Après des tâtonnements, M. Ransome, sur les indications de M. Nasmith, est parvenu à composer une pierre factice de silex et verre pilé, réduits en pâte moulée sous de puissantes presses et cuite dans des fours à réverbère à une haute température. La fusion du verre devait souder les particules de silex ; mais cette fusion fut inégale, et les pièces se déformèrent.

L'inventeur songea alors à employer comme agglutinatif le silicate de potasse ou le silicate de chaux gélatineux, plus ou moins soluble et ramollissable dans l'eau, suivant la quantité de base qu'il contient. Ce silicate alcalin s'obtient : 1° en traitant dans un creuset de la silice et du carbonate de potasse ou de soude, réduits en poudre à une haute température ; il se forme un silicate plus ou moins soluble et il se dégage de l'acide carbonique; 2° en traitant le silex réduit en poudre par le carbonate de potasse ou de soude liquide, ou par l'un quelconque de ces alcalis caustifiés. Ce deuxième procédé, quoique long, fut cependant celui que choisit M. Ransome ; mais au lieu de faire la solution à la pression atmosphérique, il l'opère dans une marmite autoclave, à trois ou quatre atmosphères; la réaction est plus sensible et plus rapide.

Le nouveau procédé consiste donc à produire du silicate alcalin gélatineux, à le mélanger avec du silex réduit en poudre et de l'acide silicique pur destiné à saturer l'excès d'alcali, à former ainsi un produit tout à fait insoluble, à en constituer une pâte, à la mouler et à enlever son eau à une haute température, en portant la pièce dans un four fortement chauffé. Mais ici se présente une grave difficulté : la surface extérieure commence à sécher, elle forme croûte, et l'humidité intérieure fendille, pour se dégager à la superficie. Afin de s'y opposer, on a imaginé de cuire ces produits dans une étuve close, qui ne permet, pendant les heures de cuisson, aucun dégagement de vapeur. Lorsque toute l'eau est à l'état gazeux, on ouvre une issue, et tous les produits s'échappent à la fois.

La pierre factice fabriquée par l'inventeur anglais est composée de :

10 parties, en poids, de sable,
1 id. de verre réduit en poudre,
1 id. d'argile,
10 id. de silice gélatineuse.

L'argile a pour but d'empêcher le produit de prendre l'apparence obsidienne.

M. Ransome applique son procédé à la fabrication de toute espèce de pierres, pour construction, pour ornements, pour objets d'art, etc.; il propose même de vernisser les bâtiments de façon à silicatiser la face extérieure. Il indique comme pouvant être employés à cet usage : 1° le silicate de soude et le chlorure de calcium, qui, par une double décomposition, fournissent du silicate de chaux insoluble et du chlorure de sodium; la réaction peut ainsi être représentée : $Nao, Sio^2 + Cl\,Ca = Sio^2\,Cao + Cl\,Na$; 2° le sulfate d'alumine et la baryte. Il se forme un sulfate de baryte insoluble et de l'alumine; la réaction peut être ainsi représentée : $2\,Sio^3, Al^2o^3 + 2\,Bao = 2\,(So^3\,Bao) + Al^2o^3$.

M. Etienne a ensuite la parole pour une communication relative à la fabrication des essieux coudés par M. Laubénière, de Rouen. Après avoir remarqué que le peu de durée des essieux coudés de locomotive a souvent fait préférer les types à mouvement extérieur et essieu droit, au préjudice des machines à mouvement intérieur, selon lui préférables, M. Etienne explique que M. Laubénière forme les manivelles de ses essieux sans torsion, sans pièces soudées rapportées, en ployant au pilon un bloc de fer de Sibérie, corroyé et préparé d'avance. Celui-ci est posé sur une sorte d'étampe angulaire en deux pièces mobiles à charnière, mises à la place de la chabotte. Les deux parties de cette étampe, ouverte en grand au début du ployage, ressèrent ensuite successivement leur angle par le haut pour venir à la fin embrasser parallèlement les deux joues parallèles et extérieures des manivelles d'un même coude, pendant que la panne plate du pilon forme entre leurs joues intérieures le creux évidé où jouera la bielle motrice.

Un Membre fait remarquer que, si l'outillage et la conduite du travail de M. Laubénière diffèrent de ceux de MM. Russery et Petin et Gaudet, le résultat paraît être le même dans ces trois méthodes.

M. Etienne répond que le procédé Russery, qui consiste à superposer trois mises soudées sur le plat de chaque manivelle, n'a aucune analogie avec le système de M. Laubénière, bien que l'essieu soit également façonné ensuite à l'étampe et au pilon.

Quant à la méthode de MM. Petin et Gaudet, elle peut avoir de l'analogie au début de l'opération, la manivelle développée se trouvant sur deux appuis comme chez M. Laubénière, mais il existe cette différence que, dans la méthode Petin et Gaudet, ces points étant invariables de distance, les fibres éprouvent un frottement de glissement. Ensuite le cintrage n'arrive pas au fini obtenu par le procédé Laubénière, où les deux points se rapprochent à chaque coup de pilon.

Un Membre dit que, dans son opinion, le ployage des pièces à la forge dénature le métal ; qu'un faible effort peut ensuite achever la rupture, et qu'il préfère les pièces découpées, malgré le déchet considérable qui s'ensuit.

Un autre Membre répond que l'énervation du métal qu'on vient de signaler n'est pas à craindre lorsqu'on travaille des métaux bien chauffés à cœur au blanc vif, et que chez MM. Petin et Gaudet on s'attache à ne forger qu'aux températures les plus hautes.

On ajoute qu'en tout cas, le pliage des pièces à la forge vaut mieux que les encollages de pièces réunies par soudure.

Le premier Membre répond qu'il proscrit *a fortiori* les encollages, s'il proscrit le ployage ; et que, selon lui, le nerf du fer se fatigue, même à chaud, dans cette dernière opération. Toutefois, dit-il, si cela est vrai du fer à nerf, les métaux à grains et spécialement l'acier fondu paraissent se prêter au ployage sans détérioration moléculaire sensible.

Le second Membre ajoute que cette distinction est, selon lui, fondée, et que MM. Petin et Gaudet, la faisant aussi pour leur part, choisissent exclusivement les fers à grains pour leur fabrication d'essieux coudés.

M. le Président, après avoir remercié M. Etienne de sa communication, conclut pour sa part, de la discussion qui vient d'avoir lieu, que les procédés nouveaux ne sauraient être trop examinés sous tous les points de vue, de peur qu'à côté d'avantages évidents il n'existe quelques dangers ultérieurs, inaperçus dans le principe.

SÉANCE DU 18 DÉCEMBRE 1857.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE.

Présidence de M. Faure, *vice-président.*

L'ordre du jour appelle l'exposé du trésorier sur la situation financière de la Société.

M. Loustau, trésorier, constate que le nombre des sociétaires, qui était, au 19 décembre 1856, de 390
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de 64

Ce qui porte ce nombre, au 18 décembre 1857, à 454
Démissionnaires et décédés 4

Reste. 450

Les versements effectués pendant l'année 1857 se sont élevés à	10,953 fr.	50 c.
Il reste à recouvrer, en cotisations ou amendes . .	6,546	»
Formant le total de ce qui était dû à la Société . .	17,499	50
Au 19 décembre 1856, le solde en caisse était de. .	3,009	20
Les versements pendant l'année 1857 se sont élevés à	10,953	50
Total.	13,962	70
Les dépenses de l'année 1857 se sont élevées à . .	11,262	45
Solde en caisse au 18 décembre 1857	2,700	25

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes du trésorier. Cette approbation est adoptée.

LE PRÉSIDENT adresse au trésorier, au nom de la Société, des remerciements pour sa bonne et active gestion.

Il est ensuite procédé aux élections.

Les élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président : M. Flachat (Eugène) ✲✲.

Vice-Présidents : MM. Faure.
Nozo (Alfred) ✲.
Petiet O ✲✲✲✲.
Thomas (Léonce) ✲.

Secrétaires : MM. Ser
Guillaume.
Peligot (Henri).
Gaudry (Jules).

Trésorier : M. Leustau (Gustave).

COMITÉ.

MM. Degousée ✲.
Salvetat ✲.
Alcan (M.) ✲.
Callon (C.) ✲.
Chobrzynski ✲.
Yvon-Villarceau.
Forquenot.
Polonceau (C.) O ✲.
Barrault (Alexis) ✲.
Vuigner (Emile) O ✲.
MM. Molinos (Léon).
Trélat (Emile) ✲.
Bergeron.
Houel ✲.
Laurent (Charles).
Alquié.
Breguet ✲.
Mathias (Félix) ✲✲✲.
Yvert (Léon).
Laurens ✲.

CATALOGUE

DES OUVRAGES COMPOSANT LA BIBLIOTHÈQUE

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

AGRICULTURE ET GÉOLOGIE.

Agriculture allemande, ses écoles, son organisation, ses mœurs et ses pratiques les plus récentes, par M. Royer.
Agriculture française, départements de l'Isère, du Nord, des Hautes-Pyrénées, du Tarn, des Côtes-du-Nord, de la Haute-Garonne, de l'Aube; par les inspecteurs de l'agriculture.
Agriculture (Cours de M. Gasparin), par M. Gasparin.
Bulletins de la Société impériale et centrale d'agriculture.
Drainage des terrains en culture, par M. Le Grand.
Guide du draineur, par M. Faure.
Géologie du Pérou, par M. Crosnier.
Géologie du Chili, par M. Crosnier.
Irrigations. Rapport de M. Le Chatelier sur un mémoire de MM. Thomas et Laurens, par MM. Thomas et Laurens.
Maison rustique, par MM. Ysabeau et Bixio.
Maladie de la vigne (Rapport sur la), par M. Marès.
Note sur le progrès agricole, par M. Ernest Pépin-Lehalleur.
Note sur les puits artésiens du Sahara oriental, par M. Ch. Laurent.
Programme pour le Cours de génie rural, par M. Faure.
Programme pour le Cours de génie rural, par M. Trélat.
Rapport sur les eaux de la ville de Liége, par M. G. Dumont, ingénieur des mines.
Recherches sur les eaux employées dans les irrigations, par MM. Salvetat et Chevandier.
Traité complet de l'élève du cheval en Bretagne, par M. Ephrem Houel.

CHEMINS DE FER.

Accidents, moyens pour les prévenir, notes sur le journal *Le Brevet d'invention*, par M. Jules Gaudry.
Accidents sur les chemins de fer, par M. Emile With.
Accidents sur les chemins de fer, par M. Pacquerie.
Album des chemins de fer, par M. Cornet.
Améliorations à introduire dans l'exploitation des chemins de fer, par M. Bordon.
Annales télégraphiques.
Appareils électriques destinés à assurer la sécurité sur les chemins de fer, par M. Marquefoy.
Cahier des charges de la Compagnie du chemin de fer du Midi, remis par M. Bellier.
Changement et croisement de voie, par M. Thouvenot.
Chemins de fer d'Angleterre en 1851. Matériel fixe, matériel roulant, exploitation et administration, législation et statistique, par M. Le Chatelier.
Chemin de fer hydraulique. Distribution d'eau et irrigations, par M. L.-D. Girard.
Chemin de fer de Constantinople à Bassora, par MM. Emile et Alexis Barrault.
Chemin de fer occidental de Mons, Jemmapes et Saint-Ghislain à Nieuport, par MM. Guibal et Baulleux.
Chemins de fer français, par M. Victor Bois.
Chemins de fer suisses (Rapport sur les).
Chemin de fer de Marseille au Rhône et à Avignon (Rapport de l'Assemblée générale du).
Chemin entre Vitry et Gray, par M. Brière de Mondétour.
Chemin de Metz à Sarrebruck (Projet), par MM. Flachat et Petiet.
Chemin de Paris à Meaux, par MM. Mony, Flachat, Petiet et Tourneux.
Chemin de fer Victor-Emmanuel (Cahier des charges), par M. Capuccio.
Clepsydre à signaux (Note sur une), par M. Delacroix.
Combustibles employés pour le service des chemins de fer, par M. de Fontenay.
Comptabilité du matériel des chemins de fer, par M. Hubert.
Considérations sur les serre-rails et table-rails, par M. Barberot.
Consultations sur des questions de droit présentées par les compagnies de chemins de fer.
Croisements des voies, par M. Lecler.
Description d'un nouveau système de signal électrique, par M. Fernandez de Castro.
Enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation sur les chemins de fer.
Essieux pour les chemins de fer, par M. Benoist Duportail.
Frein automoteur (Rapport), par MM. Robert, Combes et Couche.

Frein dynanométrique, par M. Chuwab.
Frein hydraulique, par M. Meller jeune.
Frein instantané pour chemin de fer, par M. Tourasse.
Guide du mécanicien, constructeur et conducteur de machines locomotives, par MM. Le Chatelier, E. Flachat, J. Petiet et C. Polonceau.
Guide commercial à l'usage des chefs de gares et stations, par M. Petit de Coupray.
Locomotive à grande vitesse, avant-train mobile, par M. Robert d'Erlach.
Locomotive à poids utile pour le passage des Alpes et des Pyrénées sur les rampes de 5 %, par M. Cernuschi.
Locomotive de M. Haswell (Note descriptive sur une), par M. Jules Gaudry.
Manuel Roret (construction des chemins de fer), par M. Emile With.
Matériel des chemins de fer. De la réception, par M. Benoist Duportail.
Matériel des chemins de fer. Documents officiels, par MM. Valério et de Brouville.
Matériel roulant permettant la construction des chemins de fer à petites courbes et fortes rampes, par M. Roy.
Matériel roulant des chemins de fer, par M. Nozo.
Nouveau système de pose de rails, par MM. Prestat, Thibaut et Constant.
Programme de concours pour une machine pour le chemin de fer du Sœmmering. Conseil d'Autriche.
Pentes et rampes, par M. Léveillé.
Proposition de la ville d'Orléans (sur une modification du raccordement).
Rapport sur les chemins de fer neuchâtelois, par M. de Pury.
Rapport sur le chemin de fer d'Anvers à Gand, par M. Prisse.
Rapport des Commissions sur l'application du fer dans la construction des chemins de fer, par M. Hodgkinson.
Rapport du conseil d'administration du chemin de fer Hainaut et Flandres.
Résistance dans le passage des courbes dans les chemins de fer, par M. Wissocq, ingénieur des mines.
Résistance des convois à l'action des moteurs, par M. Jousselin.
Rapports présentés par les administrations de chemins de fer aux assemblées générales.
Télégraphie électrique, par M. Victor Bois.
Tracé des chemins de fer (Rapport fait à la Commission).
Traité élémentaire des chemins de fer, par M. Perdonnet.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

Appareils de chauffage, par M. J.-B. Martin.
Appareil fumivore, par M. Marion Fauvel et C°.
Céramique (Leçons de), par M. Salvetat.
Chauffage et ventilation de la nouvelle Force, à Paris, par M. Ph. Grouvelle.

Chimie industrielle (Précis de) (texte et planches ensemble), par M. Payen.
Coloration et conservation des bois. Réponse au Rapport des experts, par M. Gardissal.
Conservation, incorruptibilité et incombustibilité des bois (Notice), par MM. J.-B. Perin et Meyer d'Uslar.
Conservation des bois, par M. Jousselin.
Emploi du sucre pour préserver les chaudières à vapeur des incrustations salines, par M. Guinon.
Explosion des machines à vapeur, par M. Andraud.
Emaux colorés sur couches minces à la peinture ordinaire des panneaux de voitures de chemins de fer, par MM. Mercier et de Fontenay.
De l'éclairage par le gaz hydrogène carboné, par M. Gaudry père.
Études sur les corps à l'état sphéroïdal, par M. Boutigny, d'Évreux.
Fourneaux fumivores. Historique et état actuel de la question, par M. Wolski.
Fabrication du gaz à la houille et du gaz à l'eau, par M. Faure.
Four à coke à compartiments fermés, par M. Tériot.
Histoire et fabrication de la porcelaine chinoise, par M. Salvetat.
Mémoire sur la gélatine, par M. de Puymaurin.
Rapport sur les fabriques de produits chimiques en Belgique, remis par M. Mesdach.
Recherches sur la composition des matières employées dans la fabrication et la décoration de la porcelaine en Chine, par MM. Salvetat et Ebelmen.
Rapport sur les arts céramiques fait à la Commission francaise du jury international de l'Exposition de Londres, par MM. Ebelmen et Salvetat.
Traité élémentaire du calorique latent, par M. Jullien.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS.

Navigation, Voirie, etc.

Application de la tôle à la construction des ponts du chemin de fer de ceinture, par M. Brame.
Arches de ponts envisagées au point de vue de la plus grande stabilité, par M. Yvon Villarceau.
Bétons moulés et comprimés, par M. François Coignet.
Chemins de halage et berges des canaux d'Angleterre et d'Ecosse, par M. E. Vuigner.
Construction des tunnels de Saint-Cloud et de Montretout (Notice), par M. Tony Fontenay.
Construction des viaducs, ponts-aqueducs, ponts et ponceaux en maçonnerie, par M. Tony Fontenay.
Chemins vicinaux, par M. Volland.
Canal du Berri (Rapport sur le), par M. Petiet.
Canal de Suez. Question du tracé, par MM. Alexis et Emile Barrault.

Canalisation des fleuves et rivières, par M. Henri Filleau de Saint-Hilaire.
Chute des ponts (De la), par M. Minard.
Construction du Palais de l'Industrie, par MM. A. Barrault et Bridel.
Construction de la toiture d'un atelier, par M. Prisse.
Constructions économiques et hygiéniques, par M. Lagout.
Construction des ponts et viaducs en maçonnerie, par M. Edmond Roy.
Docks à Marseille (Projet), par M. Flachat, remis par M. Petiet.
Digues monolithes en béton aggloméré, par M. Coignet.
Egouts. Construction sous le rapport de la salubrité publique, par M. Versluys.
Emploi de la tôle, du fer forgé et de la fonte dans les ponts, par M. Cadiat.
Habitations ouvrières et agricoles, par M. Emile Muller.
Inondations souterraines, par M. Vuigner.
Mémoire de la chambre de commerce de Lorient, par M. Jullien.
Mémoire sur la force des matériaux, par M. Hodgkinson.
Matériaux de construction de l'Exposition universelle, par M. Delesse.
Nivellements (Notice sur les), par M. Bourdaloue.
Nivellement (Notice sur le), par M. Petiet.
Notice sur les travaux et les dépenses du chemin de fer de l'Ouest exécutés par l'Etat, par M. A. Martin.
Ponts avec poutres tubulaires en tôle (Notice sur les), par M. L. Yvert.
Passerelles sur les grandes voies publiques de la ville de Paris, par M. Herard.
Pavage et macadamisage (Rapport sur le), par M. Darcy.
Ponts suspendus, ponts en pierre, en bois, en métal, etc., par M. Boudsot.
Ponts biais en fonte de Villeneuve-Saint-Georges, par M. Jules Poirée.
Ponts métalliques (Traité théorique et pratique de la construction des), par MM. Molinos et Pronnier.
Ponts suspendus avec câbles en rubans de fer laminé, par MM. Flachat et Petiet.
Percement de l'isthme de Suez, par M. Ferdinand de Lesseps.
Rapport sur les portes en fonte de fer établies au canal Saint-Denis, par M. Vuigner.
Rapport sur les ponts suspendus et sur la force et la meilleure forme des poutres de fer fondu, par M. Hodgkinson.
Rapport sur le pont de Cubzac, par M. Gayrard.
Recueil de machines à draguer et appareils élévatoires, par M. Castor.
Tables de coefficients, par M. Lefrançois.
Théorie pratique et architecture de ponts, par M. Brunell.
Travaux hydrauliques de la France et de l'étranger, par M. Boocchieri.
Tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France (avant-projet d'un), par M. Thomé de Gamond.

DIVERS.

Ouvrages dépareillés, etc.

Annuaire du consommateur d'acier, par M. Duhamel.
Appareils photographiques, par M. Charles Brooke.
Aide-mémoire des ingénieurs, par M. Richard.
Bibliothèque scientifique industrielle (De la nécessité de créer une), par M. Mathias.
Construction et emploi du microscope, par M. Charles Chevalier.
Cosmographie (Précis élémentaire), par M. Vallier.
Dictionnaire technologique français, anglais et allemand, par M. Gardissal.
Du cheval en France, par M. Charles de Boigue.
Ecole d'arts et métiers d'Angers (Notice), par M. Guettier.
Encyclopédie biographique sur M. Hodgkinson.
Etoiles doubles, par M. Yvon Villarceau.
Excursion en Angleterre et en Ecosse, par M. Burel.
Exposition universelle. Une dernière annexe, par M. Andraud.
Géométrie descriptive (Eléments), par M. Babinet.
Guide du photographe, par M. Charles Chevalier.
La Russie et ses chemins de fer, par M. Emile Barrault.
L'Ingénieur de poche, par MM. J. Armengaud et E. Barrault.
Lettre adressée à la Chambre de commerce, par M. Calla.
Matières textiles, par M. Alcan.
Note sur les fraudes dans la vente du sel, par M. Daguin.
Notice sur J. P. J. d'Arcet.
Nouvelles inventions aux Expositions universelles, par M. Jobard.
Première année au collège, par M. Gardissal.
Rapports sur le rouissage du lin, sur le drainage, sur l'exploitation de la tourbe et sur la fabrication des engrais artificiels et commerciaux, par M. Payen.
Rapport de M. Alcan sur la peigneuse mécanique de M. Josué Heimann.
Rapport du Jury international de 1855.
Rapport sur l'Exposition universelle de 1855, relatif aux exposants de la Seine-Inférieure, par M. Burel.
Registre des chevaux pur sang.
Règle à calcul (Notice sur l'emploi de la), par M. Guiraudet.
Revue provinciale, remis par M. Gayrard.
Thèse pour la licence, par M. Deville.
Technologiste (Journal).

MÉTALLURGIE ET MINES.

Alliages des métaux industriels (Recherches pratiques), par M. Guettier.
Bassin houiller de Graissessac, par M. Mercier de Buessard.
Carbures de fer. En général, les fers impurs sont des dissolutions; par M. C.-E. Jullien.
Canaux souterrains et houillères de Worsley, près Manchester (Mémoire sur les), par MM. H. Furnel et Dyèvre.
Coulée de moules en coquilles sur l'application de l'électricité aux métaux en fusion et sur le tassement des métaux, par M. Guettier.
Exploitation des mines, de leur influence sur la colonisation de l'Algérie, par M. Alfred Pothier.
Fabrication et prix de revient des rails (Mémoire sur la), par M. Curtel.
Fonderie (De la) telle qu'elle existe aujourd'hui en France, par M. Guettier.
Fusées de sûreté (de MM. Chenu et C^e^), par M. Le Chatelier.
Guide du sondeur, avec atlas, par M. Degousée.
Houilles sèches et maigres du bassin de la Sambre inférieure.
Mémoire sur les principales variétés de houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France par M. de Marsilly.
Minerais d'étain exploités à La Villède, par M. Guettier.
Mines de houille de l'Angleterre (Rapport sur les), par M. Th. Guibal.
Mines de la Grand'Combe (Rapport sur les).
Recherches expérimentales sur la forme des piliers de fer fondu et autres matériaux, par M. Hodgkinson.
Recherches expérimentales sur la force et autres propriétés du fer fondu, par M. Hodgkinson.
Sondage à la corde (Notice), par M. Le Chatelier.
Sondage à la corde (Notice), par M. Ch. Laurent.
Sondes d'exploration (Description et manœuvre des), par M. Ch. Laurent.
Traité de la fabrication de la fonte et du fer, par MM. Flachat, Petiet et Barrault.
Traitement des minerais de cuivre (Sur un nouveau procédé de), par M. Petitgand.

MÉCANIQUE.

Barrage hydropneumatique, par M. Girard.
Bâtiments à vapeur. Tenue du journal, par M. Petiet.
Contre-poids (Des) appliqués aux roues motrices des machines-locomotives, par MM. Couche et Resal.
Calculs sur la sortie de vapeur dans les machines-locomotives, par M. Jeanneney.
Calculs sur l'avance du tiroir, les tuyaux d'échappement, les conduits de

vapeur et de fumée, dans les machines-locomotives, par MM. E. Flachat et Petiet.

Construction des boulons, harpons, écrous, clefs, rondelles, goupilles, clavettes, rivets et équerres; suivi de la Construction de la Vis d'Archimède; par M. Benoist Duportail.

Distribution d'eau de 300 pouces pour la ville de Toulouse (Projet), par M. J. Guibal.

Equilibre des voûtes. Examen historique et critique des principales théories, par M. Poncelet.

Engrenage à coin, par M. Minotto.

Etudes sur la résistance des poutres en fonte, par M. Guettier.

Force motrice produite par la dilatation de l'air et des gaz permanents, par M. Montravel.

Guide du chauffeur et du propriétaire de machines à vapeur, par MM. Grouvelle et Jaunez.

Machines à vapeur fixes ou locomobiles (Recueil des) de M. Cumming.

Machines à vapeur (Traité des), par M. Jullien.

Machines à disques, par M. Rennie.

Machines à vapeur (Traité élémentaire et pratique), par M. Jules Gaudry.

Machine avec générateur à combustion comprimée (de M. Pascal) (Rapport sur la), par M. Colladon.

Machine à vapeur rotative du système Chevret et Seyvon.

Manége Pinet (Rapport sur le), par M. Pinet.

Mécanique pratique. Leçon, par M. A. Morin.

Moteur des convois de chemin de fer dans les grands tunnels (Notice sur le), par M. Nickles.

Navigation fluviale par la vapeur, par MM. Ferdinand Mathias et Callon.

Notice sur un navire à hélice (*Le Chaptal*, construit par M. Cavé), par M. Jules Gaudry.

Notice historique sur l'emploi de l'air comprimé, par M. Gaugain.

Propulsion atmosphérique, par M. Petiet.

Rapport des experts dans l'affaire Guebhard et Schneider, par MM. Faure, Boutmy et Flachat.

Rapport sur la peigneuse mécanique de M. Josué Heilman, par M. Alcan.

Rapport sur le moteur-pompe de M. Girard, par M. Callon.

Rapport sur les machines et outils employés dans les manufactures (Exposition universelle de Londres 1851), par M. le général Poncelet.

Rapport de la Commission chargée d'examiner les divers projets présentés à la Société des charbonnages de Saint-Vaast pour le percement des sables mouvants de son puits de Bonne-Espérance, par M. Th. Guibal.

Ressorts en acier (Manuel pratique pour l'étude et le calcul des), par M. Phillips.

Ressorts en acier (Mémoire sur les), par M. Phillips.

Scie à recéper sous l'eau (Notice sur la construction d'une), par M. Ganneron.

Théorie de la coulisse, par M. Phillips.

Théorie de la résistance et de la flexion plane des solides, par M. Bélanger.

Tachomètre (Notice sur un), par M. Deniel.
Turbines hydropneumatiques, par MM. Girard et Callon.
Transmission à grandes vitesses. Paliers graisseurs de M. de Coster, par M. Benoist Duportail.
Théorie analytique du gyroscope de M. L. Foucault, par M. Yvon Villarceau.

OUVRAGES PÉRIODIQUES.

Annales des ponts et chaussées.
Annales des mines.
Annales de la construction, par M. Oppermann.
Annales des chemins vicinaux.
Annales des conducteurs des ponts et chaussées.
Annales forestières.
Annuaires de la Société des anciens élèves des Ecoles impériales d'arts et métiers.
Bulletins de la Société d'encouragement.
Bulletins de la Société des ingénieurs civils de Londres, année 1837 à 1851.
Bulletins de l'institution *of Mechanical Engineers*.
Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse.
Bulletins de la classe d'industrie et de commerce de la Société des arts de Genève.
Bulletins de la Société des ingénieurs civils de France.
Bulletins de la Société vaudoise.
Bulletins des ingénieurs suédois.
Bulletins de la Société minérale de Saint-Etienne.
Bulletin des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture.
Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.
Compte rendu des séances du cercle de la Presse scientifique.
Journal des ingénieurs et architectes anglais.
Journal des ingénieurs autrichiens.
Journal L'Ingénieur, par M. Avril.
Journal administratif, par M. Delvincourt.
Journal l'Invention, par MM. Gardissal et Desnos.
Mémoires de la Société d'agriculture de l'Aube.
Portefeuille John Cockerill.
Portefeuille économique des Machines, par M. Oppermann.
Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer, par MM. Perdonnet et Polonceau.
Revue d'architecture, par M. César Daly.
Revue universelle des mines et de la métallurgie.
Revue municipale.
The Engineer (Journal).

STATISTIQUE ET LÉGISLATION.

Administration de la France, ou Essai sur les abus de la centralisation, par M. Béchard.
Almanach et Annuaire des bâtiments (1842).
Brevets d'invention (Observations sur le nouveau projet de loi), par M. Normand.
Bulletin n° 3 (septembre 1852), statistique des chemins de fer.
Colonies agricoles (Etudes sur les). Mendiants, jeunes détenus, orphelins et enfants trouvés (Hollande, Suisse, Belgique et France), par MM. de Lurieu et Romand.
Consultation sur le projet de loi de police de roulage.
Crédit foncier et agricole dans les divers états de l'Europe, par M. Josseau.
Crédit foncier en Allemagne et en Belgique, par M. Royer.
Communications postales entre la France et l'Angleterre.
Caisse de retraite et de secours pour les ouvriers (chemins de fer belges).
Compte rendu des travaux du Comité de l'Union des constructeurs.
Documents sur le commerce extérieur (douanes) (incomplets).
Documents statistiques sur les chemins de fer, par M. le comte Dubois.
Douanes Tableau général des mouvements du cabotage en 1847, et du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères.
Essai sur la réforme de l'éducation et de l'instruction publiques, par M. Gardissal.
Exposition de Londres de 1851. Compte rendu, par E. Lorentz.
Mesures anglaises en mesures françaises, par M. Tronquoy.
Organisation de l'industrie. Projet de Société des papeteries en France, par MM. Ch. Callon et Laurens.
Organisation pour l'Ecole polytechnique et pour les ponts et chaussées, par M. Vallée.
Organons de la propriété intellectuelle, par M. Jobard.
Observations sur l'organisation de l'administration des travaux publics, par la Société des ingénieurs civils.
Observations sur le recrutement du corps des ponts et chaussées, par la Société des ingénieurs civils.
Procès-verbaux des conseils généraux de l'agriculture et du commerce.
Projet de loi sur la police du roulage, par M. Bineau.
Projet de loi sur les brevets.
Patent Office (Rapport 1854).
Rapport du jury central sur les produits de l'industrie française.
Rapport sur les patentes des Etats-Unis, par le major Poussin.
Rapport sur une loi organique de l'enseignement.
Statistique de la France, par M. le ministre du commerce.
Statistique des chemins de fer de l'Allemagne, par M. Hauchecorne.
Tarif du canal du Rhône au Rhin, par M. Petiet.
Transports et correspondances entre la France et l'Angleterre, par M. Petiet.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils (N° 36, Janvier, Février et Mars 1857).	1
Liste générale des sociétaires (au 1er janvier 1857).	9
Note sur le Rapport de la Commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez, par MM. E. Flachat et L. Mohnos.	25
Note sur la verrerie et la céramique à l'Exposition universelle de Paris, par M. Salvetat.	48
Note sur l'appareil à chute libre, employé par MM. Degousée et Ch. Laurent pour les sondages à de grandes profondeurs, par M. Ch. Laurent.	73
Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils (N° 37, Avril, Mai et Juin 1857).	85
Note sur la restauration du pont de Châtillon-sur-Loire, par M. Léon Yvert.	90
Note sur le pont en tôle construit en 1855 sur le Cher pour le passage du chemin de fer de Commentry à Montluçon, et sur le rétablissement de ce pont, affouillé dans les inondations de 1856, par M. Forey, ingénieur.	96
Note sur la reconstruction des proues de deux bateaux à vapeur belges, par M. Prisse, ingénieur et directeur gérant du chemin de fer d'Anvers à Gand.	103

Mémoire n° 47 sur de nouvelles dispositions de matériel roulant permettant la construction des chemins de fer à petits rayons et fortes rampes, par M. Edmond Roy. 109

Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils (N° 38, Juillet, Août et Septembre 1857). 165

Note sur les établissements de MM. Scrive frères à Lille, Macq et Marquette, par MM. Faure et Henri Péligot. 171

Note sur le mouvement général des chemins de fer. (Rapport sur l'ouvrage adressé à la Société par M. le conseiller d'État comte Dubois et intitulé : *Documents statistiques sur les chemins de fer, publiés par ordre de S. Exc. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics*, par M. Jules Gaudry. 183

Notice sur le viaduc de Crumlin, par MM. Gajewski et Gottschalk. . . 192

Note sur la construction du pont du Rhin à Cologne, par M. Ch. G. Coschler 205

Mémoire n° 48 sur la pose des câbles sous-marins et sur les opérations préliminaires qui s'y rattachent, par M. P. de Branville. 211

Compte rendu des travaux de la Société des Ingénieurs civils (N° 39, Octobre, Novembre et Décembre 1857). 241

Description du système de télégraphie sous-marine, de M. P. A. Balestrini, par M. P. de Branville. 247

Résumé des procès-verbaux des séances pendant l'année 1857. 255

Catalogue des ouvrages composant la bibliothèque de la Société. . . 393

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Janvier, Février et Mars 1858)

N° 1

Pendant ce trimestre, on a traité les questions suivantes :

1° Installation des membres du bureau et du comité pour l'année 1858. (Voir le résumé de la séance du 8 janvier, page 25.)

2° Pose des câbles sous-marins, par M. de Branville (Voir le résumé de la séance du 22 janvier, p. 38.)

3° Application de la télégraphie à l'exploitation des chemins de fer, par M. Martin. (Voir le résumé de la séance du 5 février, p. 44.)

4° Application de la machine à vapeur portative locomobile. (Voir le résumé de la séance du 19 février, p. 45.)

5° Application des chaudières tubulaires aux machines fixes, par M. Faure. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 47.)

6° Matériel roulant pour chemin de fer à petits rayons, par M. Edmond Roy. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 50.)

7° Soupapes en caoutchouc vulcanisé de M. Perreaux, par M. Pronnier. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 52.)

8° Immersion et rupture du câble qui doit relier Terre-Neuve à l'Irlande, par M. de Branville. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 53.)

9° Manipulateur enregistreur de M. Aillaud, par M. de Branville. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 53.)

10° Rapport de M. Douglas-Galton sur les chemins des Etats-Unis d'Amérique, traduit par M. Molinos. (Voir le résumé de la séance du 5 mars, p. 55.)

11° Substitution de la houille au coke dans l'alimentation des locomotives, par M. Chobrzynski. (Voir le résumé de la séance du 19 mars, p. 55.)

12° Fonçage d'un puits de mine dans le bassin houiller du Centre, application du procédé Triger. (Voir le résumé de la séance du 19 mars, p. 56.)

13° Installation des calorifères-ventilateurs dans les grands édifices publics, par M. Jules Gaudry. (Voir le résumé de la séance du 19 mars, p. 56.)

14° Mémoire sur les différents systèmes de changements de voie, par M. Richoux. (Voir le résumé de la séance du 19 mars, p. 58.)

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Emile Delacroix, un exemplaire d'une Note sur une *clepsydre* à signaux pour les chemins de fer;

2° De M. Petitgand, membre de la Société, un exemplaire d'un Mémoire sur un nouveau procédé de traitement des minerais de cuivre;

3° De la Société d'encouragement, les numéros d'octobre, novembre, décembre et janvier de son Bulletin;

4° De M. Oppermann, les numéros de novembre, décembre, janvier, février et mars, des *Nouvelles Annales de la construction et du Portefeuille économique des machines;*

5° Du journal *The Engineer*, les numéros des 4, 11, 18, 25 décembre, 1er, 8, 15, 22 et 29 janvier, et 5, 12, 19 et 26 février;

6° De M. Gaudry, membre de la Société, un exemplaire d'une Note descriptive sur une locomotive de M. Haswell;

7° De M. Edmond Roy, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur des essais d'architecture pratique de la construction des ponts et viaducs en maçonnerie;

8° De M. Noblet, éditeur, les six premières livraisons de la *Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts;*

9° Des *Annales des mines*, les 3e, 4e et 5e livraisons de 1857;

10° De M. Marqfoy, un exemplaire de son Mémoire sur un nouveau système d'appareils électriques destinés à assurer la sécurité des chemins de fer;

11° De M. Cernuschi, membre de la Société, un exemplaire de la Description d'une locomotive à poids utile pour le passage des Alpes et des Pyrénées sur les rampes de 5 p. 100;

12° De M. Salvetat, membre de la Société, un exemplaire de son ouvrage intitulé *Leçons de céramique;*

13° De M. Curtel, membre de la Société, une Note sur la fabrication des rails;

14° Du général Poncelet, membre honoraire de la Société, un exemplaire de son Rapport sur les machines et outils employés dans les manufactures (Exposition universelle de Londres en 1851);

15° De la Société vaudoise des sciences naturelles, les numéros 39, 40 et 41 de son Bulletin;

16° De M. Armand Martin, ingénieur des ponts et chaussées, un exemplaire de sa Notice sur les travaux et les dépenses du chemin de fer de l'Ouest exécutés par l'État;

17° De M. Emile Barrault, membre de la Société, un exemplaire des Observations de M. Normand, du Havre, sur les brevets d'invention;

18° De M. de Branville, membre de la Société, un Mémoire sur la pose des câbles télégraphiques sous-marins;

19° De M. Martin, membre de la Société, un Mémoire sur l'application de la télégraphie à l'exploitation des chemins de fer;

20° De M. Hervey-Picard, membre de la Société, une Note sur un nouveau système de four à coke de MM. Appolt frères;

21° De M. Charles Chevalier, membre de la Société, un exemplaire d'une Notice sur la construction et l'emploi du microscope, et un exemplaire de son *Guide du photographe;*

22° De M. Salvetat, membre de la Société, un exemplaire de l'*Histoire de la fabrication de la porcelaine chinoise;*

23° Du *Journal des ingénieurs autrichiens*, les numéros 9 à 20 de l'année 1857;

24° De M. Lefrançois, une Note sur la démonstration de la formule qui donne le développement du contour de l'ellipse;

25° Des *Annales des ponts et chaussées*, le numéro de septembre et octobre 1857;

26° De la Société de Mulhouse, un exemplaire de son dernier Bulletin;

27° De la Société impériale et centrale d'agriculture, un exemplaire de son dernier Bulletin;

28° De M. Perdonnet, membre de la Société, un exemplaire du premier volume de son *Traité élémentaire des chemins de fer*;

29° De M. Schivre, membre de la Société, des exemplaires d'une Notice sur les essieux coudés des locomotives;

30° De M. Saulnier, membre de la Société, une Note sur la commande des laminoirs, par poulies et courroies;

31° De M. Molinos, membre de la Société, la traduction du rapport de M. Douglas-Galton, sur les chemins de fer des Etats-Unis d'Amérique;

32° De M. Faure, membre de la Société, une Note sur l'application des générateurs tubulaires à l'alimentation des machines fixes;

33° De M. Grouvelle, un exemplaire de son *Guide du chauffeur et du propriétaire de machines à vapeur;*

34° De M. Bélanger, professeur de mécanique à l'Ecole polytechnique et à l'Ecole centrale, un exemplaire de son Mémoire sur la théorie de la résistance et de la flexion plane des solides;

35° De la Société de l'industrie minérale, son Bulletin du 3e trimestre 1857;

36° De M. Chobrzynski, membre de la Société, un exemplaire des Résultats de la substitution de la houille au coke dans l'alimentation des locomotives du chemin de fer du Nord, pendant les années 1855 à 1857;

37° De M. Desprez, une Note sur le percement des puits dans les sables mouvants, par le procédé Triger, dans le bassin houiller du Centre (Belgique);

38° De M. Noblet, éditeur, les livraisons 35, 36, 37 et 38 du *Portefeuille de John Cockerill;*

39° De la Société d'agriculture de l'Aube, son Bulletin des 3e et 4e trimestres 1857;

40° De M. Delvincourt, avocat, les numéros déjà parus de son *Journal administratif;*

41° De la Société des ingénieurs civils de Londres, les résumés de leurs séances.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois de janvier,

MM. Blondeau, présenté par MM. Faure, Ser et Péligot.
Marion, présenté par MM. Petiet, Nozo et Germon.
Faliès, présenté par MM. Callon, Faure et Thomas.
Chevalier, présenté par MM. Nozo, Daguin et Gayrard.

Au mois de février,

MM. Bouillon, présenté par MM. Faure, Muller et Richard.
Bourset, présenté par MM. Love, Richoux et Tardieu.
Cauvet, présenté par MM. Faure, Thomas et Callon.
Le Brun, présenté par MM. Faure, Laurent et Cavé.
Marle, présenté par MM. Callon, Nepveu et Brocchi.
Fortin Hermann (Emile), présenté par MM. Faure, Trélat et Péligot.
Fortin Hermann (Adolphe), présenté par MM. Faure, Trélat et Péligot.
Massé, présenté par MM. Alcan, Péligot et Lepelerin.
Imbs, présenté par MM. Alcan, Péligot et Ser.
Pouchet, présenté par MM. Faure, Callon et Cornet.
Ribail, présenté par MM. Flachat, Rhoné et Meyer.
Ubaghs, présenté par MM. Callon, Boyer et Mazilier.
Desnoyers, présenté par MM. Faure, Thomas et Borgella.
Wallaert, présenté par MM. Faure, Legavrian et Peligot.
Vallez, présenté par MM. Thomas, Laurens et Pérignon.

LISTE GÉNÉRALE DES SOCIÉTAIRES (ANNÉE 1858).

Membres du bureau.

Président :

FLACHAT (Eugène) O ✻✻, rue de Londres, 51.

Vice-Présidents :

MM. FAURE (Auguste), boulevard Saint-Martin, 55.
NOZO (Alfred) ✻, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
PETIET (J.) O ✻✻✻✻, rue Lafayette, 34.
THOMAS (Léonce) ✻, rue des Beaux-Arts, 2.

Secrétaires :

MM. SER, rue Bleue, 5.
GUILLAUME, rue de Lancry, 55.
PELIGOT (Henri), rue Bleue, 5.
GAUDRY (Jules), rue des Pyramides, 6.

Trésorier :

M. LOUSTAU (G.), rue de Saint-Quentin, 23.

Membres du Comité.

MM. DEGOUSÉE ✻, rue de Chabrol, 35.
SALVETAT ✻, à Sèvres (Manufacture impériale).
ALCAN (M.) ✻, rue d'Aumale, 23.
CALLON (C.) ✻, rue Royale-Saint-Antoine, 16.
CHOBRZYNSKI ✻, rue du Nord, 11.
YVON-VILLARCEAU, à l'Observatoire.

FORQUENOT, boulevard de l'Hôpital, 7.
POLONCEAU (C.) O ✻, quai Malaquais, 9.
BARRAULT (Alexis) ✻, rue de Clichy, 63.
VUIGNER (Emile) O ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.
MOLINOS (Léon), rue Chaptal, 22.
TRÉLAT (Emile) ✻, rue de la Tour-d'Auvergne, 37.
BERGERON, rue de Lille, 79.
HOUEL ✻, quai de Billy, 48.
LAURENT (Charles), rue de Chabrol, 35.
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 15.
BREGUET ✻, place de la Bourse, 4.
MATHIAS (Félix) ✻✻✻, rue de Saint-Quentin, 23.
YVERT (Léon), rue Tronchet, 29.
LAURENS ✻, rue des Beaux-Arts, 2.

Président honoraire :

M. A. PERDONNET O ✻, au chemin de fer de Strasbourg.

Membres honoraires.

MM. HODGKINSON, Eaton, 44, Drayton grave, Brompton (Angleterre).
MORIN (Le général) O ✻, rue Neuve-des-Mathurins, 38.
PONCELET (Le général) O ✻, rue de Vaugirard, 58.

Sociétaires.

MM. ABOILARD, à Corbeil (Seine-et-Oise).
AGUDIO, à Turin (Piémont).
ALBARET, rue Montholon, 4.
ALBY, à Turin (Piémont).
ALCAN ✻, rue d'Aumale, 21.
ALLÉON, rue d'Amsterdam, 52.
ALQUIÉ, rue d'Enghien, 15.
ANGEL, rue de l'Herberie, 2, à Lyon.

ANDRAUD, rue Mogador, 4.
ANDRY, à Boussu, près Mons (Belgique).
ARMENGAUD aîné, rue Saint-Sébastien, 45.
ARMENGAUD jeune, boulevard de Strasbourg, 23.
ARSON, rue de Bourgogne, 40.
BARBEROT ✻✻, rue de la Santé, 75, à Batignolles.
BALESTRINI, rue Notre-Dame-des-Champs, 82.
BARET, rue des Petites-Ecuries, 9.
BARRAULT (Alexis) ✻, rue de Clichy, 63.
BARRAULT (Emile), boulevard Saint-Martin, 33.
BARROUX, à Chaumont (Haute-Marne).
BARTHÉLEMY, quai Voltaire, 3.
BARVEAUX, rue Fontaine-au-Roi, 56.
BAUDOIN, rue des Récollets, 3.
BAUMAL, rue du Faubourg-Montmartre, 30.
BEAUCERF, à Chambéry (Savoie).
BEAUSSOBRE, rue de Belzunce, 16.
BELLIER, au chemin de fer du Midi, à Bordeaux.
BENOIST DU PORTAIL, chaussée Clignancourt, 51, à Montmartre.
BENOIST D'AZY (Paul), à Fourchambault (Nièvre).
BERGERON, rue de Lille, 79.
BERTHOLOMEY, rue Mandar, 6.
BERTHOT, rue des Bons-Enfants, 19.
BERTON, rue Saint-Antoine, 27, à Versailles.
BERTOT, rue de Ponthieu, 13.
BEUGNOT, maison Kœchlin, à Mulhouse.
BÉVAN DE MASSI, à Madrid (Espagne).
BINDER (Jules), rue d'Anjou-Saint-Honoré, 72.
BIPPERT, au chemin de fer de Lyon à la Méditerranée, à Arles (Bouches-du-Rhône).
BIVER ✻, à Saint-Gobain, par Coucy-le-Château (Aisne).
BLANCHE, à Puteaux (Seine).

Blard, aux ateliers du chemin de fer d'Orléans, à Ivry.
Blonay (De), chez M. Dietrich, maître de forges, à Niederbronn (Bas-Rhin).
Blondeau, aux mines de Blanzy (Saône-et-Loire).
Blot (Léon), via del Seminario, 181, à Civita-Vecchia (Italie).
Blutel, à Nancy.
Bois (Victor), place du Havre, 14.
Boivin, rue de Flandre, 139, à La Villette.
Bonnet (Félix), rue de Sèvres, 8.
Bonnet (Victor), hôtel de la Minerve, à Rome.
Bordet, à Remilly, par Sombermon (Côte-d'Or).
Borgella, rue d'Hauteville, 8.
Bossu, à Dieuze (Meurthe).
Boudard aîné, à Dangu, près et par Gisors (Eure).
Boudard jeune, à Pont-Rémy (Somme).
Boudsot, à Besançon (Doubs).
Bougère, à Angers (Maine-et-Loire).
Bouilhet, rue de Bondy, 56.
Bouillon, rue de Chabrol, 33.
Bourcard, à Guebwiller (Haut-Rhin).
Bourdon ✻, route de Toulon, 158, à Marseille.
Bourdon (Eugène) ✻, faubourg du Temple, 74.
Bourgougnon, cité Gaillard, 5.
Bournique, quai Jemmapes, 288.
Bourset, gare de Ségure, à Bordeaux.
Bousson, chemin de fer Grand-Central, à Lyon.
Boutigny d'Evreux, ✻, ingénieur-chimiste, rue de Flandre, 52, à La Villette.
Boutin, rue de Javel, 64, à Grenelle.
Boutmy, à Nîmes (Gard).
Boyer, à Langres (Haute-Marne).
Branville (De), rue Notre-Dame-des-Champs, 82.

Breguet ✻, place de la Bourse, 4.
Bricogne ✻, rue des Petites-Ecuries, 58.
Bridel, rue Mazagran, 8.
Broccki (Charles), rue Blanche, 88.
Brozler, rue du Petit-Carreau, 24.
Buddicom, à Sotteville-lès-Rouen (Seine-Inférieure).
Bureau, rue Joubert, 9.
Burt, rue Caumartin, 54
Busschopp, rue des Marais-Saint-Martin, 20.
Cahen, rue d'Abbeville, 3.
Caillé, rue Saint-Lazare, 82.
Caillet, à Lyon.
Caillot-Pinart, rue du Faubourg-Saint-Martin, 140.
Calla ✻, rue Lafayette, 11.
Callon ✻, rue Royale-Saint-Antoine, 16.
Cambier, ingénieur au chemin de fer de Mezidon au Mans, à Argentan (Orne).
Capdevielle, faubourg Saint-Martin, 11.
Capuccio, à Turin.
Castel (Emile), rue de la Charronnerie, 1, à Saint-Denis.
Cauvet, boulevard du Temple, 39.
Cavé ✻ (François), rue du Faubourg-Saint-Denis, 222.
Cavé (Amable), avenue Montaigne, 51.
Cernuschi, à Huelva (Andalousie).
Chabrier, rue Saint-Lazare, 99.
Championnière, rue Olivier, 4.
Charaudeau, boulevard Poissonnière, 20.
Chabronnier, rue de Lancry, 24.
Charpentier, rue des Lions-Saint-Paul, 5.
Chauvel, à Navarre, par Évreux (Eure).
Chavès, inspecteur du service des eaux au chemin de fer du Nord, rue de Paradis-Poissonnière, 12.
Chevalier (Charles), cour des Fontaines, 1.

CHEVANDIER, rue de la Victoire, 22, hôtel de la Victoire.
CHOBRZYNSKI ✻, rue du Nord, 11.
CHOLLET, à Belfort (Haut-Rhin).
CHUWAB, à Terre-Noire, près S.-Etienne (Loire).
CLÉMANDOT ✻, à la verrerie de Clichy-la-Garenne.
CLÉMENT DESORMES, rue Bourbon, à Lyon.
COIGNET, quai Jemmapes, 228.
COLLADON, à Genève (Suisse).
COQUEREL, rue Moncey, 16.
CORDIER, à Alexandrie (Égypte).
CORNET, rue du Temple, 207.
COSYNS, directeur des forges de Saarbruk (Prusse).
COURRAS, rue de S.-Quentin, 37.
COURTÉPÉE, rue des Francs-Bourgeois, 5.
COURTINES (Jacques)✻, à Louga (Russie).
CRESPIN, rue d'Enghien, 28.
CRÉTIN ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 182.
CURTEL, à Montluçon.
DAGUIN (Ernest), rue Geoffroy-Marie, 5.
DALLOT, au Chemin de fer, à Audenarde (Belgique).
DANRÉ ✻✻, à Calcutta.
DARBLAY, à Corbeil (Seine-et-Oise).
DEBAUGE ✻, ingénieur en chef, rue du Helder, 5.
DEBIÉ, rue Roquépine, 4.
DEBONNEFOY, rue Meslay, 25.
DECAUX, boulevard Saint-Jacques, 84.
DE COENE, à Rouen.
DECOMBEROUSSE, rue des Martyrs, 47.
DEDION, rue Godot-Mauroy, 14.
DEFFOSSE, au chemin de fer de Lyon à Genève, à Genève.
DEGOUSÉE ✻, rue Chabrol, 35.
DEGOUSÉE (Edmond), rue Chabrol, 35.
DEJOLY (Théodore), rue Martignac, 1.

DELANNEY, agent-voyer en chef au Mans (Sarthe).

DELATTRE, directeur de l'usine à Gaz, à Meaux (Seine-et-Marne).

DELAVILLE-LEROUX, directeur des forges d'Imphy (Nièvre).

DELEBECQUE, rue de l'Arcade, 15.

DELIGNY, à Huelva (Andalousie).

DELOM, rue Rochechouard, 20.

DELPÈCHE, rue Rambouillet, 2.

DENIEL ✻, ingénieur au chemin de fer de Montereau à Troyes, à Troyes.

DENISE, à Saint-Pétersbourg.

DESFORGES, au chemin de Mulhouse, à Mulhouse.

DESGRANGES, à Sotteville-lès-Rouen.

DESNOS, boulevard Saint-Martin, 29.

DESNOYERS, aux Forges du Phénix, Ruhrort (Prusse).

DESMAZURES, O ✻✻, rue Taitbout, 67.

DEVAUREIX, rue de Jessaint, 8, à La Chapelle-Saint-Denis.

DEVERS, chaussée Clignancourt, 74, à Montmartre.

D'HAMELINCOURT, rue Neuve-Coquenard, 11 *bis*.

DIARD, rue Saint-Gilles, 11.

DOMBROWSKI, à Bar-le-Duc.

DONNAY, chef du bureau des études au chemin de fer du Nord, passage Sandrié.

DUBIED, à Mulhouse.

DUBOIS, rue Saint-Victor, 33.

DUFOURNEL, à Gray (Haute-Saône).

DUGOURD, rue Armeny, 8, à Marseille.

DULONG, rue du Regard, 5.

DUMÉRY, boulevart de Strasbourg, 26.

DU PAN (Louis), à La Fère (Aisne).

DURENNE, rue des Amandiers-Popincourt, 11.

DUROCHER, rue de la Verrerie, 83.

Duval (Edmond), aux forges de Paimpont, près Plélan (Ille-et-Vilaine).
Ébray, à Sancerre (Cher)
Edwards ✻, rue Saint-Honoré, 243.
Eiffel, rue Laval, 19.
Ermel, rue Montholon, 28.
Estoublon, maître de forges, à Bourges.
Etienne, avenue de Clichy, 18.
Évrard, rue Saint-Samson, 28, à Douai.
Faliès, place Dauphine, 24.
Farcot (J.-J.-Léon), au port Saint-Ouen (Banlieue).
Fauconnier, avenue Parmentier, 15.
Faure (Auguste), boulevard Saint-Martin, 55.
Faure, rue Saint-Louis, 34, à Batignolles.
Fellot, cité Gaillard, 8.
Férot ✻, rue d'Amsterdam, 15.
Fèvre, rue et cité Turgot, 5 et 7.
Fiévet, à Vierzon.
Flachat (Eugène) O ✻✻, rue de Londres, 51.
Flachat (Adolphe), rue Caumartin, 70.
Flachat (Jules), à Saint-Pétersbourg.
Flachat (Yvan), rue Lavoisier, 1.
Fontenay (De), rue de la Chaussée-d'Antin, 49 bis.
Fontenay (Toni), ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Rambert à Grenoble, à Grenoble.
Fontenay, à Baccarat (Meurthe).
Forey, à Montluçon (Allier).
Forquenot, boulevard de l'Hôpital, 7.
Fortin Hermann (Louis), rue des Fossés-S.-Bernard, 2.
Fortin Hermann (Emile), r. des Fossés-S.-Bernard, 2.
Fournier, rue Louis-le-Grand, 3.
Fournier (A.), à Orléans (Loiret).
Fredet, à la papeterie, à Essonne.

Fresnaye, à Marenlo, par Montreuil-s.-Mer (Pas-de-Calais).
Frichot, à Pont-Rémy (Somme).
Fromantin, rue des Filles-du-Calvaire, 4.
Fromont, ingénieur au chemin de fer de l'est, à Bar-le-Duc.
Froyer, à Rome.
Fuchet, à Haisne (Nord).
Gallaud, rue des Dames, 104, aux Batignolles.
Ganneron, quai de Billy, 56.
Gardeur-Le Brun ✻, rue de Chabrol, 49.
Garnier, rue Taitbout, 16.
Gaudet, à Rive-de-Gier (Loire).
Gaudry (Jules), rue des Pyramides, 6.
Gaveau, rue du Parc, 31, à Mons (Belgique).
Gayrard (Gustave), rue du Dragon, 21.
Gentilhomme, quai de la Tournelle, 45.
Geoffroy, rue de la Nation, 14, à Montmartre.
Gerder, rue de la Chanssée-d'Antin, 49 bis.
Germain, à l'usine à zinc, à Clichy.
Germon, rue du Château-Rouge, 4, à Montmartre.
Gibon, à Montataire (Oise).
Geyler, rue Bleue, 35.
Gilles, route de Châtillon, 14, à Montrouge.
Girard, rue d'Enghien, 44.
Goschler, ingénieur, directeur des chemins de fer Hainaut et Flandres, rue Montayer, 6, à Bruxelles.
Gosset (Jules), rue d'Amsterdam, 3.
Gottschalk, à Saint-Pétersbourg.
Gouin (Ernest) ✻, rue de la Chaussée-d'Antin, 19 bis.
Gouvy (Alexandre), aux forges de Hombourg, près Saint-Avold (Moselle).
Grenier (Achille), ✻, ingénieur en chef au chemin de fer Guillaume de Luxembourg (Grand-duché).
Grosset, au chemin de fer de Tours, à Tours.

Guérard, au chemin de fer du Nord, à Amiens.
Guérin (de Litteau), rue de la Ferme-des-Mathurins, 28.
Guérin, à Draguignan.
Guettier, aux fonderies de Marquise (Pas-de-Calais).
Guibal (Théophile), à l'École des mines, à Mons (Belgique).
Guibal (Jules), rue Pargaminières, 71, à Toulouse.
Guillaume (Charles), au chemin de fer du Midi, à Moissac (Tarn-et-Garonne).
Guillaume, rue de Lancry, 55.
Guillemin, à La Perraudette, près Lausanne (Suisse).
Guillemin, usine de Cosamène, à Besançon.
Guillon, à Saint-Quentin.
Guillot, aux ateliers du chemin de l'Ouest, aux Batignolles.
Guiraudet ✻, rue Saint-Honoré, 338.
Hamoir, à Maubeuge (Nord).
Haussoulier, rue Notre-Dame, 1, à Batignolles.
Hermary, à Lambres, par Aire-sur-la-Lys (Pas-de-Calais.)
Hervey (Picard), rue Antoinette, 24, à Montmartre.
Hervier, rue du Château-d'Eau, 72.
Heurtebise, rue Saint-Louis, 76, aux Batignolles.
Holcroft, à Tours (Indre-et-Loire).
Houel ✻, quai de Billy, 48.
Houlbrat, rue de la Rochefoucauld, 66.
Hovine, rue de Lyon, 4.
Hubert, rue Blanche, 69.
Hubert William, rue Miroménil, 2.
Huet, rue Bleue, 35.
Humblot, rue des Clercs, à Metz.
Imbs, à Brumath, près Strasbourg (Bas-Rhin).
Jacquesson (Ernest), rue Basse-du-Rempart, 2.
Jacquin, rue de l'Eglise, 20, à Batignolles.
Jametel, rue Blanche, 8

JEANNENEY, à Mulhouse.
JOUANNIN, faubourg Saint-Denis, 34.
JOUSSELIN, rue S.-Pierre-Amelot, 30.
JULLIEN, à l'usine de Lorette, à Rive-de-Gier.
KARCHER, à Sarrebruck.
KNAB, rue de Seine, 72.
KRÉGLINGER, à Malines (Belgique).
LABORIE (De) ✲, quai de Béthune, 18.
LABOUVERIE, rue Spintay, 59, à Verviers (Belgique).
LACOMBE, chaussée d'Antin, 49 bis.
LAINÉ, rue de l'Ecluse, 24, aux Batignolles.
LALIGANT, à Maresquel, par Champagne-lès-Hesdin (Pas-de-Calais).
LALO, rue Saint-André-des-Arts, 45.
LAMBERT, à Vuillafons, par Ornans (Doubs).
LANGLOIS (Charles), rue Joubert, 10.
LARPENT, rue Royale, 8, à La Villette.
LAROCHETTE (De), à Bastia (Corse).
LA SALLE, rue Saint-Georges, 58.
LASSERON, à Alexandrie (Égypte).
LASVIGNES, à Bayeux (Calvados).
LAURENS ✲, rue des Beaux-Arts, 2.
LAURENT (Victor), à Plancher-les-Mines, près et par Champagney (Haute-Saône).
LAURENT LAMBERT, rue de l'Empereur, 33, à Montmartre.
LAURENT (Charles), 35, rue de Chabrol.
LAVALLEY ✲, rue de Tivoli, 3.
LAVEZZARI, à Beaurain-Château, par Champagne-lès-Hesdin (Pas-de-Calais).
LEBON (Eugène), boulevart de Strasbourg, 2.
LE BRUN (Gabriel), rue du Nord, 10.
LE CLER (Achille), rue Saint-Lazare, 66.
LECŒUVRE, rue Saint-Louis, 83.

Leconte ✻, rue de Bercy, 4, à Paris.
Lecorbellier, rue d'Amsterdam, 15.
Lefèvre, passage du Havre, 43.
Lefrançois, rue Rocroy, 23.
Legavriand, à Lille (Nord).
Lemaire-Teste, rue de Lyon, 63.
Lemoinne ✻, rue d'Amsterdam, 21.
Lepeudry, rue Montholon, 28.
Le Roy, passage Lafayette, 5.
Levat ✻, à Arles (Rhône).
Limet, rue du Faubourg-Poissonnière, 32.
Loisel, à Melun (Seine-et-Marne).
Lopez Bustamante, à Santander (Espagne).
Loustau (Gustave), rue de Saint-Quentin, 23.
Love, rue de Turin, 4.
Loyd, chez M. Gouin, à Batignolles.
Machecourt, à Montricq, par Commentry (Allier).
Maire, rue Blanche, 40.
Mallac, à Evreux (Calvados).
Maldant, rue Lormont, 7, à Bordeaux.
Malo, aux mines de Seyssel, à Pyrimont-Seyssel (Ain).
Manby (Charles), à Londres.
Mangeon, à Melun (Seine-et-Marne).
Maréchal, ingénieur du matériel, à Strasbourg (Bas-Rhin).
Marès (Henri), rue Sainte-Foy, à Montpellier.
Marié, rue de Bercy, 4.
Marion, rue Marcadet, 6, à La Chapelle.
Mariotte, rue des Récollets, 1, à Nantes.
Marlé, rue du Rocher. 40.
Marsillon, chef d'arrondissement à Belfort.
Marsillon (Léon), rue Grange-Batelière, 11.
Martenot, à Ancy-le-Franc (Yonne).

MARTIN (J.-B.), rue Bonaparte, 20.
MARTIN, rue d'Amsterdam, 51.
MARTIN (Léon), à Commentry (Allier).
MARTIN ✻, place Lafayette, 22.
MASSÉ, place Royale, 6, à Reims.
MASSELIN, à la verrerie de M. Chance, à Birmingham.
MATHIAS (Félix) ✻✻✻, rue de Saint-Quentin, 23.
MASTAING (De), boulevard Beaumarchais, 96.
MATHIAS (Ferdinand) ✻, à Lille.
MATHIEU (Henri), à Bordeaux.
MATHIEU (Ferdinand), au Creuzot.
MAYER ✻, rue Pigale, 26.
MAZELINE, constructeur, au Havre.
MAZILIER, rue Mazagran, 4.
MÉGRET, faubourg Saint-Denis, 92.
MÉLIN, rue Neuve-Coquenard, 11.
MÉRAUX, rue de Metz, 14.
MERCIER, rue Saint-Anastase, 7.
MERCIER DE BUESSARD, Pavé des Chartrons, 21, à Bordeaux.
MESDACH, rue Saint-Paul, 28.
MESMER ✻, rue du Petit-Carreau, 24.
MEYER, rue de Clichy, 88.
MICHEL, à Troyes (Aube).
MICHELANT, au chemin d'Orléans (au dépôt, à Ivry).
MICHELET, chaussée d'Antin, 27.
MIGNON, rue de Ménilmontant, 151.
MINARY, usine de Casamène, à Besançon.
MIRANDA (De), à Madrid (Espagne).
MIRECKI, à Amiens.
MITCHELL, boulevart de la Râpée, 4, à Bercy.
MOLÉON, à Castres (Tarn).
MOLINOS, rue Chaptal, 22.

MONTCARVILLE, au chemin de fer de Tours, à Tours.
MONTEJO, rue Saint-Lazare, 8.
MONY (Stéphane) ✻, boulevard des Italiens, 26.
MOREAU (Albert), rue Neuve-de-l'Université, 9.
MORICE, à Hazebrouck.
MOUILLARD, rue de Londres, 31
MULLER (Adrien), rue d'Amsterdam, 18.
MULLER (Emile), rue de Chabrol, 33.
NANCY, à Strasbourg.
NEPVEU, rue de la Bienfaisance, 36.
NILLIS (Auguste), au bureau du chemin de fer, à Chaumont.
NODLER, rue Hauteville, 32.
Nozo ✻, place du Château-Rouge, 2, à Montmartre.
ORIOLLE, rue Crébillon, 2, à Nantes.
OTTAVI, avenue de Saint-Cloud, 51.
OUDOT, à Audenarde (Belgique).
PALOTTE fils, rue du Conservatoire, 11.
PAQUIN, au chemin de fer, à Mulhouse.
PECQUET, rue de la Perle, 7.
PELIGOT (Henri), rue Bleue, 5.
PELLIER, rue Truffaut, 52, aux Batignolles.
PÉPIN-LEHALLEUR ✻✻, au château de Contançon, par Montigny-Liancourt (Seine-et-Marne).
PERDONNET (Auguste) O ✻, administrateur au chemin de fer de Strasbourg.
PÉREIRE (Eugène), O ✻✻, faubourg S.-Honoré, 35.
PÉRIGNON, faubourg Saint-Honoré, 105.
PERROT ✻, rue de Sèvres, 76, à Vaugirard.
PETIET (Jules) O ✻✻✻✻, rue Lafayette, 34.
PETIN, à Rive-de-Gier (Loire).
PETIT DE COUPRAY ✻✻, rue Lafayette, 50.
PETITGAND, rue Bleue, 5.
PETITJEAN, rue de Parme, 10.

PÉTRE, rue de la Victoire, 31.
PICARD, à Bar-sur-Aube (Aube).
PIERRON ✻, rue de l'Église, 13, aux Batignolles.
PINAT, aux forges d'Allévard.
PIQUÉ, boulevard Beaumarchais, 30.
PIQUET, ingénieur en chef des mines de la compagnie générale du Crédit mobilier, à Madrid (Espagne).
PLANHOL (De) ✻, à Bayeux (Calvados).
POINSOT, au Conservatoire des Arts et Métiers.
POLONCEAU O ✻, quai Malaquais, 9.
PONCET, au Cours-la-Reine, 28.
POT, Grande-Rue Marengo, 20, à Marseille.
POTHIER (Alfred-Franç.), rue des Coutures-S.-Gervais, 1.
POTTIER (Ferdinand), passage des Eaux, 4, à Passy.
POUCHET, rue S.-Pierre-Popincourt, 2.
POUELL, chef de section au chemin de fer du Nord, à Amiens.
POUPÉ, à Amiens.
PRIESTLEY, rue Saint-Gilles, 17.
PRINCET, rue de Bondy, 92.
PRISSE ✻, au chemin de fer d'Anvers à Gand.
PROAL, quai de Béthune, 22.
PRONNIER, rue Chaptal, 22.
PURY (De), à Neuchâtel (Suisse).
QUÉTIL (Julien), boulevard de l'Etoile, 28.
RAABE (Émile), chez M. Jackson, à Saint-Etienne.
RANCÉS, rue Neuve, 30, à Bordeaux.
REDON, allée des Bénédictins, à Limoges.
REGAD (Léon), rue de la Préfecture, à Besançon (Doubs).
RÉGEL (De) ✻, à Strasbourg.
REGNAULT, rue de Stockolm, 4.
RENARD, à Fecamp (Seine-Inférieure).
RENAUD, rue du Chateur, 2, à Besançon.

Reynaud, à Cette (Hérault).
Reynier, rue Rossini, 2.
Reytier, via dell' Impressa, 11, à Rome.
Rhoné ✻, rue du Faubourg-Saint-Honoré, 35.
Ribail, rue de Londres, 49.
Richard, à Saint-Lô (Manche).
Richomme, rue de Dunkerque, 15.
Richoux, quai Saint-Michel, 19.
Romme, à Saint-Quentin.
Roussel (Simon), rue Saint-Louis, 67.
Roy (Edmond), rue Buffault, 19.
Roze, rue des Filles-du-Calvaire, 23.
Ruolz O ✻✻, rue du Regard, 5.
Saint-James, à Ancône.
Salleron, à Sens (Yonne).
Salvetat ✻, à la Manufacture impériale de Sèvres.
Sarazin, rue Saint-Louis, 16.
Saulnier, rue Saint-Sulpice, 24.
Sautter, avenue Montaigne, 37.
Scellier, aux usines Sommelet-Dantan et C^e^, à Courcelles, près Nogent-le-Roi (Haute-Marne).
Schivre, à Epernay.
Schlincker, à Creutzwald (Moselle).
Schlumberger, au château de Guebviller.
Schmerber, à Mulhouse.
Séguin (Paul), rue Louis-le-Grand, 3.
Ser, rue Bleue, 26.
Servel, rue Lavoisier, 5.
Siéber, à Audincourt.
Simon (Paul), à Mettlach (Prusse rhénane).
Souchay, à Rome.
Stéger, aux ateliers du chemin de fer d'Orléans, à Ivry.

Stiéler, à Bordeaux.
Tardieu, ingénieur, rue des Ursulines, à Valenciennes.
Tardieu (Georges), rue de Tournon, 13.
Tétard, rue des Petites-Ecuries, 9.
Thaurin, rue d'Amsterdam, 64.
Thauvin, rue Saint-Denis, 328.
Thétard, usines de Dammarie, près Ligny (Meuse).
Thévenet, à Turin (Piémont).
Thirion, boulevard Beaumarchais, 96.
Thomas (Léonce) ✻, rue des Beaux-Arts, 2.
Thomas (Frédéric), à Cramaux (Tarn).
Thomé de Gamond, rue du Havre, 5.
Thouin ✻, rue de Valenciennes, 1.
Thouvenot, à Bex, canton de Vaud (Suisse).
Tourneux (Félix), rue de Penthièvre, 15.
Tresca ✻✻✻✻✻, ingénieur sous-directeur, au Conservatoire.
Trélat ✻, rue de la Tour-d'Auvergne, 37.
Tronquoy (Camille), rue Mazagran, 20.
Ubaghs, à Binche, province du Hainaut (Belgique).
Vaillant, rue d'Enghien, 49.
Valentin, à Huelva (Andalousie).
Valério, rue de La Rochefoucauld, 53.
Vallez, rue de Seine, 61.
Vallier, rue Royale, 75, à Versailles.
Vandel, aux forges de La Ferrière-sous-Jougne (Doubs).
Vauthier, à Martigny (Valais). Suisse.
Vigneaux, rue de Rennes, 21.
Vinchon, rue de Manovre, 5.
Viron, au chemin de fer, à Angoulême.
Vollant, à Blois.
Voruz aîné, à Nantes.
Vuigner (Émile) O ✻, rue du Faubourg-Saint-Denis, 146.

Vuillemin ✻, à Epernay.
Wahl, rue de Bercy, 4, à Paris.
Wallaert, à Lille (Nord).
Weil (Frédéric), rue des Petites-Ecuries, 13.
Willien (Léon), rue du Fg-de-Saverne, 53, à Strasbourg.
Windisch, cité de l'Etoile, 20, aux Ternes.
Wissocq (Alfred), à Amiens.
Wolski, ingénieur des mines d'Auriol (Bouches-du-Rhône).
Yvert (Léon), rue Tronchet, 29.
Yvon-Villarceau, à l'Observatoire.

RÉSUMÉ DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT LE 1er TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1858.

SÉANCE DU 8 JANVIER 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. Ch. CALLON occupe le fauteuil de la présidence. Il dit qu'avant de céder le fauteuil à l'honorable confrère qui l'a déjà occupé avec tant de distinction dans les premières années de l'existence de notre Société, il va, suivant l'usage actuellement établi, faire la récapitulation des questions qui ont été traitées dans l'année qui vient de s'écouler.

Chemins de fer. — Nouvelle locomotive de M. Petiet, présentée par M. Nozo.

Système de locomotives et de wagons disposés en vue des chemins à petites courbes, par M. Ed. Roy.

Renseignements sur les chemins de fer autrichiens et la voie du Sœmmering en particulier, par M. de Pury.

Mémoire de M. Goschler sur les chemins de fer suisses.

Mémoire de M. Cornet sur les chemins de fer belges et sur la voie prussienne de Verviers à Cologne.

Communication de M. Nozo sur un système de signaux employés au chemin de fer du Nord.

Mécanique. — Communication sur les steamers le *Leviathan*, le *Vanderbill*, et sur l'hélice du capitaine Vergnes.

Communication de M. Pérignon sur la machine locomobile de Boydell.

Mémoire de M. Benoît Duportail sur la proportion de pièces de détail employées dans le matériel des chemins de fer.

Description de l'outillage perfectionné pour sondages, par MM. Degousée et Laurent.

Hydraulique. — Question des inondations souterraines dans Paris, présentée par M. Vuigner.

Communication de M. E. Trélat sur le projet de dérivation d'une partie de la Somme-Soude pour l'alimentation de Paris et l'organisation du service hydrométrique.

Discussion sur le puits artésien de Passy.

Métallurgie. — Mémoire de MM. Piquet et E. Barrault, relatif à l'étude de quelques procédés métallurgiques récemment proposés pour la fabrication du fer et de l'acier.

Mémoire de M. Mercier de Buessard sur la fabrication de la fonte à l'anthracite, dans le pays de Galles.

Mémoire de M. Curtel sur la fabrication et la réception des rails.

Communication de M. Etienne sur une fabrication particulière d'essieux coudés.

Physique et chimie appliquées. — Technologie. — Analyse du mémoire de M. Jeanneney sur le meilleur mode d'emploi du gaz d'éclairage.

Analyse du traité de M. Boutigny d'Evreux sur l'état sphéroïdal des corps.

Note de M. Ferdinand Mathias sur une explosion fulminante de chaudière à vapeur.

Expériences de M. Henri Péligot sur l'appareil saturateur de M. Lacarrière.

Application des procédés de Wicksteed à la désinfection des eaux d'égouts et à l'extraction sur une grande échelle de leurs principes fertilisants.

Utilisation pour l'agriculture des gisements de phosphate de chaux fossile.

Considérations sur la peigneuse Heilmann, par M. Alcan.

Description des établissements de filature et de tissage de lin de M. Scrive, à Lille, considérés notamment au point de vue du bien-être des ouvriers, par MM. Faure et Henri Péligot.

Travaux publics. — Note de M. Goschler sur la construction d'un pont sur le Rhin, à Cologne.

Note de M. de Branville sur le système de télégraphie sous-marine de M. Balestrini.

Discussion sur certaines altérations du bois dans les fondations.

Communication de M. Coignet sur la confection de ses bétons moulés et comprimés et sur les nouveaux résultats obtenus.

Exposé par M. Thomé de Gamond de son avant-projet de tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre.

Note de M. Eug. Flachat et L. Molinos sur le rapport de la commission internationale pour le percement de l'isthme de Suez.

Quelques communications, soit manuscrites, soit imprimées, ont été adressées à la Société, en 1857, par plusieurs de ses membres, sans avoir été, jusqu'à présent du moins, l'objet d'une analyse ou d'une discussion. On peut citer :

Le Nouveau Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer, par MM. Perdonnet et Polonceau;

Le travail de MM. Barrault et Bridel sur la construction du palais de l'Industrie;

Le mémoire de M. Marès sur la maladie de la vigne;

Les deux notes de MM. Al. et E. Barrault : l'une sur les chemins de fer russes; l'autre sur le chemin de fer de Constantinople à Bassora;

Un rapport de M. Colladon sur des expériences relatives à la machine du système Pascal;

Une note de M. Prisse sur le mode de construction de la toiture d'un atelier de réparations et d'une remise de locomotives au chemin de fer d'Anvers à Gand.

Un rapport de M. Gajewski sur les charbons exportés de Cardiff;

Le traité de la construction des ponts métalliques, par MM. Molinos et Pronnier;

La collection complète de ses mémoires sur la résistance des matériaux, envoyée par M. Hodgkinson.

Après cette récapitulation rapide des travaux exécutés et des ouvrages reçus par la Société, M. Charles Callon continue ainsi :

« Cette énumération imparfaite des matériaux de diverse nature qui ont enrichi votre bibliothèque pendant le cours de l'année qui vient de finir est un premier fait que j'avais à cœur de constater avec vous.

Il en est un deuxième qui concourt avec le premier à prouver l'importance que la Société acquiert d'année en année : c'est l'accroissement continu du nombre des sociétaires, porté aujourd'hui à 450.

Or, du concours de ces deux faits est né ce résultat remarquable, que votre bureau a pu faire paraître sept bulletins trimestriels en 1857 et combler ainsi presque entièrement l'arriéré de nos publications, tout en augmentant et nos ressources financières et la masse des documents non encore publiés.

Messieurs, après m'être félicité avec vous de ces résultats favorables, qui ne pourront que grandir dans des mains plus expérimentées que les miennes, il me reste un devoir pénible à remplir : c'est celui de vous entretenir des deux pertes bien regrettables que la Société a faites dans la personne de nos confrères MM. Bardon et Getting.

M. Getting débuta dans la carrière de l'industrie en entrant à l'Ecole des arts et métiers de Châlons; en 1824, à sa sortie de l'École, où il s'était fait remarquer déjà par une vive intelligence, il revint chez son père, alors directeur des ateliers des Messageries nationales; il y travailla, vivant de la vie même des ouvriers; et si plus tard on a admiré l'organisation si nette, si simple, et en même temps, si paternelle qu'il avait su créer dans son usine, nul doute qu'on n'en doive trouver la cause première dans les souvenirs du travail de cette époque de sa vie.

Quelques années après, le jeune Getting, avide de connaissances nouvelles, partit pour les États-Unis. Quelques mois de séjour à New-York suffirent pour le mettre au courant de toutes les nouveautés de la carrosserie américaine, et bientôt après, ayant monté lui-même un atelier, il fit faire d'importants progrès à cette industrie du nouveau monde qu'il était venu prendre pour modèle.

New-York lui doit ces voitures gracieuses et légères, aujourd'hui si universellement connues sous le nom d'*américaines*, ainsi que la forme nouvelle des omnibus qui parcourent ses rues et dont la construction avait été jusqu'alors lourde et imparfaite.

Revenu à Paris, notre confrère monta, aux Champs-Élysées, un atelier de carrosserie dont l'importance alla chaque jour en croissant, grâce à son travail consciencieux et à son goût exquis.

Mais déjà l'industrie des chemins de fer occupait toutes les intelligences avides de progrès. M. Getting s'appliqua donc à l'étude des voitures de chemins de fer; et voyant dans cette branche nouvelle un vaste champ ouvert à son esprit d'initiative, il créa en 1846 son atelier de Passy, que nous connaissons tous, au moins par ses produits.

En peu d'années M. Getting se plaça au premier rang parmi les constructeurs de voitures de chemins de fer, et l'on jugera de l'importance qu'avait prise son usine par ce seul fait que le nombre des véhicules de toute nature livrés par lui aux diverses compagnies s'élève à près de 1,800.

C'est qu'en effet l'activité de notre confrère, l'intelligence et le bon goût qu'il apportait dans ses constructions, et surtout l'honorabilité de son caractère, lui avaient promptement valu la confiance et l'estime de tous les ingénieurs avec lesquels il avait des relations.

Comme application technique de son esprit inventif, M. Getting s'est fait remarquer, dans la construction des voitures de chemins de fer, par l'heureuse initiative de l'emploi du bois de *teck*, si universellement accepté maintenant. Comme application de son esprit d'organisation, on peut citer, je l'ai déjà dit, tous les ateliers qu'il a créés, et la conduite généreuse et à la fois ferme et paternelle qu'il tenait envers ses ouvriers.

Si M. Getting a dû à ses qualités personnelles l'estime et l'amitié des ingénieurs qui l'ont connu, il leur a dû aussi le dévouement des hommes placés sous ses ordres; en sorte que jamais le succès n'est venu à plus juste titre récompenser les travaux d'une vie malheureusement trop tôt interrompue.

M. Bardon, arrêté presque au début de sa carrière par une mort prématurée, est né en 1817, à Nantes, et a été élève de l'École centrale, de 1838 à 1841.

En sortant de l'École il a travaillé comme dessinateur à Indret, puis chez M. Babonneau, constructeur à Nantes, et ensuite a donné des leçons de mathématiques jusqu'en 1845.

De 1845 à 1848, il a été employé comme dessinateur et sous-ingénieur chez MM. E. Gouin et Huguenin Ducommun, de Mulhouse.

En 1848, il est entré au chemin de fer d'Orléans, dans le service de la traction, où il a passé par les différentes fonctions d'élève machiniste, de machiniste, d'inspecteur et de chef de dépôt, poste qu'il occupait lors de sa mort.

M. Bardon est une perte pour l'industrie d'exploitation des chemins de fer, dont il connaissait parfaitement tous les détails.

Maintenant il me semble, Messieurs, que je commettrais un impardonnable oubli si je ne rappelais pas ici les regrets profonds et unanimes qui ont accueilli

parmi vous la perte inattendue d'un savant, homme de bien, qui, s'il ne fut pas membre de notre Société, fut le maître de la plupart de ceux qui en font partie. Vous avez tous nommé avant moi le célèbre professeur fondateur de l'École centrale, qui, en combinant les données exactes de la science avec les faits épars dans les ateliers industriels, a su accomplir, pour la physique appliquée, et avec non moins de bonheur, ce que *Monge* avait fait avant lui pour la géométrie.

Et après ce dernier hommage rendu à la mémoire du maître par un de ses plus anciens disciples, il ne me reste plus, avant de remettre à mon honorable successeur ce fauteuil où votre bienveillance m'a constamment accompagné et soutenu, qu'à vous remercier, du plus profond de mon cœur, du concours que vous m'avez accordé, à moi comme à mes collègues du bureau et du comité.

M. Flachat rappelle, en prenant le fauteuil, qu'il a succédé, il y a neuf ans, à M. Ch. Callon, qui, le premier, fut président de cette Société et à qui revient en grande partie le mérite de sa fondation.

Elle était alors, comme aujourd'hui, une émanation de l'Ecole centrale des arts et manufactures; mais elle voulait appeler dans son sein les ingénieurs civils, qui avaient fondé la profession dans les affaires, comme l'Ecole l'avait fondée par l'instruction professionnelle.

Les ingénieurs civils étaient alors presque exclusivement voués aux travaux publics, et particulièrement à la grande industrie des chemins de fer. Un petit nombre étaient entrés dans l'industrie générale. M. Callon était un de ces derniers; il poursuivait avec persévérance cette direction, et il a prouvé, par le succès de sa carrière d'ingénieur, qu'elle ouvrait une voie aussi sûre à l'activité et à l'importance des travaux que digne de la considération publique.

Dans les premières années, la présidence de cette Société s'était donné pour but d'amener entre les ingénieurs civils la communauté d'idées, l'entente unanime des intérêts de la profession, l'identité des doctrines générales de l'art de l'ingénieur appliqué à l'industrie; et, comme le plus grand nombre d'entre eux étaient dans les chemins de fer, c'est sur les questions qui se rattachaient à cette grande industrie que se sont principalement dirigés les discussions et les travaux de ses membres.

Pendant les trois années que M. Flachat a été maintenu au fauteuil, et dans les cinq années que ce fauteuil a été occupé par MM. Perdonnet, Petiet, Vuigner, Polonceau et Mony, le but signalé plus haut a été incessamment poursuivi, et on peut se féliciter du résultat, car il est peu de professions où l'échange des idées, l'intimité des rapports mutuels, l'habitude des communications utiles soient mieux établis qu'ils ne le sont parmi les ingénieurs civils, membres de cette Société, employés dans les chemins de fer.

Ce résultat était atteint lorsque M. Ch. Callon a été appelé à la présidence; il était nécessaire de l'atteindre aussi parmi les ingénieurs civils voués à des spécialités dans l'industrie générale; il a entrepris cette tâche; personne n'était plus propre que lui à l'accomplir. La reconnaissance de notre Société lui est pleinement due à ce nouveau titre.

La moitié du personnel des membres de la Société est aujourd'hui engagée dans l'industrie générale, et les relations de M. Callon avec ces ingénieurs datent, pour ainsi dire, de leurs premiers pas dans la carrière; son influence directe et personnelle était assurée à notre Société. Nous savons tous combien elle lui a été utile.

Il me paraît, poursuit M. Flachat, que la tâche qui m'est imposée cette année est beaucoup plus lourde et plus difficile qu'elle n'était dans les circonstances où j'ai été appelé pour la première fois à ce fauteuil, parce que je n'ai pas dans l'industrie générale le même guide vers le but à atteindre que me donnaient, dans les travaux publics, mes travaux et mes relations antérieures. Cette situation m'oblige à appeler le concours des membres de cette Société d'une manière plus pressante, et à exprimer le doute sur le succès de mes efforts.

Je crois devoir, pour mieux faire apprécier les difficultés que je redoute, entrer dans quelques développements sur la situation de la profession des ingénieurs civils, sur les intérêts qui favorisent ses développements, sur les obstacles qui la retardent.

Je partirai de l'acte le plus important qui ait eu lieu depuis la fondation de cette Société, celui par lequel le Gouvernement a adopté l'Ecole centrale des arts et manufactures, faisant entrer ainsi les ingénieurs civils dans le cadre des éducations professionnelles, auxquelles s'attache une utilité publique incontestable.

On peut conclure de cet acte qu'à partir de ce moment la profession d'ingénieur civil a été fondée.

Elle avait reçu du public, depuis plusieurs années, sa consécration; elle vient de la recevoir du Gouvernement. Elle était acceptée par l'un, elle était étrangère à l'autre; elle est maintenant instituée.

M. Guizot avait dit aux hommes impatients : *Il faut qu'une chose soit longtemps dans les idées et dans les intérêts avant d'entrer dans les institutions.* Ces mots s'appliquent à l'histoire de notre profession.

Les travaux qui ont signalé ses premiers pas dans la faible part que lui laissait alors le Gouvernement dans l'industrie des travaux publics, ont démontré la fécondité du principe qui était à la fois la base et le véhicule de son activité future : *Faire des travaux publics une industrie rémunératrice, afin d'en pouvoir puiser les capitaux dans l'association privée.*

La viabilité du territoire, qui présente une mine si féconde aux capitaux, parce que la condition principale dans la création de la richesse publique est l'économie et la facilité du transport, a dû être le but de prédilection des ingénieurs civils. Ce sont eux qui ont les premiers importé l'application des ponts suspendus aux routes ordinaires et la découverte des chemins de fer. Dans la lutte persévérante qu'ils ont soutenue alors, la profession a grandi rapidement, les hommes suffisaient à peine à la tâche; une école a dû être fondée. Un groupe d'hommes, considérables par le savoir et par le caractère, a tenté cette belle entreprise avec un succès qui lui a valu la reconnaissance du pays; le nombre des ingénieurs civils a bientôt égalé celui des ingénieurs de l'Etat;

leur part dans les travaux qui leur ont été confiés a dépassé le budget des travaux publics ; enfin l'Etat, sans doute dans une pensée d'organisation, s'est approprié l'école qui est la source officielle de la profession ; il a consacré le diplôme d'ingénieur civil, en faisant de cette école une institution de l'Etat.

Peut-être éprouvera-t-on quelque surprise à m'entendre présenter cet acte du Gouvernement comme favorable au développement de notre profession.

Comment concilier cette manière de voir, l'intervention de l'Etat dans nos affaires, avec l'opinion que j'ai constamment manifestée que cette intervention n'était pas désirable ?

Séduit par les progrès de notre profession dans les deux pays où l'initiative de l'association privée a porté vers les travaux publics et les exploitations minérales une masse de capitaux plus forte que jamais Etat n'en a pu puiser dans une nation, au moment même où sa propre existence était en péril ; forcé, par l'évidence, d'admettre que la liberté dans la conception, l'exécution et l'exploitation de cette grande industrie, conduisait plus sûrement au progrès, à l'organisation, au développement de la richesse publique, en un seul mot au bien, j'avais souhaité pour la France que l'élément de liberté y fût aussi exclusivement la base de notre profession qu'il l'est en Angleterre et aux Etats-Unis.

Cette opinion ou plutôt ce désir n'ont jamais été en moi plus enracinés qu'aujourd'hui ; cependant je ne fais nul effort d'esprit à reconnaître qu'entre une théorie, peut-être absolue, qui représente, au moins pour moi, les tendances de l'avenir, il y a un point de vue de transaction résultant du milieu où nous sommes, de ce milieu que constituent l'opinion publique, les intérêts immédiats de l'Etat.

J'ai donc voulu, écartant ici mon opinion personnelle, examiner la situation de notre profession pour en conclure la marche à suivre dans l'intérêt de son importance et de ses développements.

Il est important de faire cet examen.

Le nombre des ingénieurs civils que forment annuellement l'Ecole centrale, le stravaux publics et l'industrie générale, est-il en rapport avec le développement des entreprises d'utilité publique et de l'industrie privée ? Telle est la question à discuter : car de sa solution dépend le rang que prendront les ingénieurs civils dans les affaires.

Abordons de suite le premier des deux points de vue, celui des entreprises de travaux publics, et particulièrement les chemins de fer.

Cette grande industrie a été fondée en vingt ans. Elle a offert aux ingénieurs civils de nombreuses occasions de se former aux grandes affaires ; les uns y ont trouvé une carrière brillante, beaucoup y ont acquis une situation convenable ; tous, on peut le dire, tant les exceptions sont rares, ont réussi, à force de travail et de persévérance, à apporter leur contingent d'habileté, d'instruction et de savoir faire ; tous ont élevé ou soutenu l'honneur de la profession et lui ont valu le précieux bien de l'estime publique.

Mais, depuis plusieurs années, à mesure que cette industrie s'est concentrée

en faisceaux moins nombreux mais plus puissants, les ingénieurs de l'Etat y ont pris une part plus grande. Cette intervention dans des affaires dont les premiers pas semblaient ouvrir aux ingénieurs civils une carrière presque exclusive, est grave aux yeux de beaucoup d'entre nous; il importe d'en déterminer le caractère et l'importance, et de déduire de cet examen la part à laquelle notre profession est appelée dans cette industrie.

Il est des personnes pour lesquelles l'intervention des ingénieurs de l'Etat dans la grande industrie des chemins de fer semble justifiée par la part que l'Etat y a prise. Dans le capital de 2 à 4 milliards qu'elle a absorbé, l'Etat en a donné un, et il a garanti l'intérêt d'un milliard et demi. Sa part directe est du quart effectivement, elle est aussi bien grande moralement par la garantie d'intérêt. Si cela était vrai, faudrait-il encore faire remarquer qu'il n'en avait pas fait une condition, et qu'il a tiré par l'impôt, sur leurs produits directs, un intérêt qui s'élève à plus de 5 p. 100?

Il est une considération plus sérieuse, c'est l'utilité. Les Etats et les peuples sont guidés plus impérieusement par l'utilité que par le droit écrit.

Ce n'est pas nous qui sommes juges de l'utilité de l'intervention des ingénieurs de l'Etat dans les entreprises de chemins de fer, puisque dans cette cause nous sommes partie; ce n'est peut-être pas l'Etat non plus. Et, en effet, c'est avec répugnance, dans l'origine, que l'administration a vu ses ingénieurs entrer au service des Compagnies; tout récemment, il a manifesté sa désapprobation qu'ils s'attachassent aux entrepreneurs. C'est aux tendances de l'opinion publique qu'il faut demander l'explication que nous cherchons.

A ce point de vue, examinons l'intérêt des Compagnies.

La pression que l'opinion publique a exercée sur elles est celle de la *responsabilité.*

La sécurité publique, en première ligne, les traités d'exploitation, les rapports avec les communes lors de la construction, l'administration du capital et l'usage des fonds en caisse, étaient des sources de responsabilité, et la forme de la société anonyme devait y pourvoir, à peine de voir l'Etat, poussé par l'opinion publique, reprendre les chemins de fer. Mais comme cette forme d'association ne peut engager directement la responsabilité des administrateurs, le choix des agents responsables devint d'une haute importance.

De ce point de vue, on ne peut méconnaître que la tendance des administrateurs ne soit d'entrer dans les sympathies de l'Etat et de l'opinion publique, en plaçant à la tête des affaires les hommes auxquels l'Etat lui-même confie la direction des travaux et des services publics.

Les administrateurs ont ainsi le droit d'espérer que dans la construction, les ingénieurs de l'Etat attachés aux Compagnies auront une influence plus grande à opposer aux exigences des localités et aux ingénieurs du contrôle qui sont leurs collègues; qu'ils auront plus d'influence devant les jurys d'expropriation; que leurs projets seront mieux accueillis par l'administration centrale; qu'ils seront plus aidés dans l'exécution par les services locaux de voirie; que dans l'exploitation, leur caractère de fonctionnaires publics éteindra les défiances de l'administration publique et du commerce, et fera accepter les résolutions

de la Compagnie avec plus de facilité par le Gouvernement; qu'enfin, l'administration publique préférera, pour discuter avec elle, des hommes ayant le caractère public de ses propres agents.

Voilà l'espoir qui a conduit les Compagnies à placer les ingénieurs de l'Etat à la tête des services des chemins de fer.

Dans les premiers temps, on pouvait admettre aussi le manque d'hommes; dans ces dernières années, la tendance s'est montrée plus nette.

Devons-nous en conclure que les accès se fermeront pour la profession des ingénieurs civils dans l'industrie des chemins de fer?

Ce serait, à mon sens, une pensée de découragement funeste pour l'avenir de la profession; rien d'ailleurs ne serait moins motivé.

L'industrie des chemins de fer exige un personnel pourvu de connaissances en mécanique et en métallurgie. Les ingénieurs de l'Ecole centrale sont entrés par cette voie, et nuls autres ne pouvaient la leur disputer; elle reste encore ouverte, et il n'est pas besoin de dire qu'il ne dépend que des ingénieurs civils d'empêcher qu'elle se ferme, il suffit pour cela qu'ils persévèrent.

Les motifs de sécurité à cet égard sont très simples. Les règles d'organisation du personnel des ingénieurs de l'Etat ne permettent pas à ceux-ci d'occuper tous les emplois des services du mouvement, de la traction et de l'entretien du matériel et de la voie, et il suffit alors que les emplois dont il s'agit puissent être occupés par les hommes à même de concourir, par leur mérite et leur talent, aux positions les plus élevées.

C'est là toute la distinction avec les services publics. Elle est grave, parce qu'elle fait notre garantie et notre force.

Dans l'industrie des chemins de fer, aucune barrière n'existe pour nous; la part de fonctions qui pourra être acquise dans cette grande industrie par le mérite est bien plus assurée à ceux qui s'y voueront au sortir des écoles, en commençant par les emplois que ne peuvent occuper les ingénieurs de l'Etat, qu'à tous autres. Ceux-ci auront une part. Longtemps encore, peut-être, ils arriveront d'emblée aux postes supérieurs, portés par les mêmes considérations qui les recommandent aujourd'hui; mais ils auront des concurrents plus nombreux, et peu à peu l'opinion publique établira l'égalité et mesurera les garanties à l'aptitude.

Ce n'est pas que nous veuillons dissimuler les obstacles; ils sont sérieux et immédiats. Les uns sont en nous, les autres en dehors de nous.

Les ingénieurs sortant de l'Ecole centrale hésitent, à cause de leur diplôme d'ingénieur, à se présenter comme conducteurs. Il arrive de là que dans la construction des chemins de fer où il n'y a pas de fonction entre l'ingénieur et le conducteur, les ingénieurs civils sont peu employés; tandis que dans l'exploitation, où les notions du conducteur ne lui permettent pas d'accéder, où il existe des postes compatibles avec le titre d'ingénieur, les élèves de l'Ecole centrale ont rempli presque exclusivement les cadres.

Les scrupules des ingénieurs civils sortant de l'Ecole centrale à occuper les emplois de conducteur ont conduit ainsi à un résultat déplorable. Sans cela, la situation serait aujourd'hui tout autre; car nous pourrions citer un cer-

tain nombre de cas où de jeunes ingénieurs civils, entrés dans la construction des chemins de fer par les emplois les plus inférieurs, ont acquis en très peu de temps l'estime de leurs chefs et la compensation de leurs premiers sacrifices par l'occasion d'exécuter de grands travaux.

Il dépend donc des ingénieurs civils de prendre dans la construction des chemins de fer une place égale à celle qu'ils ont dans l'exploitation. Il n'y a pas lieu de s'effrayer de la lenteur du trajet. Bien peu d'années suffisent à ceux qui offrent la double garantie de la capacité et du caractère pour faire leur chemin dans un temps où l'activité des affaires est si grande.

Restent enfin des considérations générales qui doivent nous rassurer.

La plus sérieuse est dans la marche du progrès due à l'initiative des intérêts privés et à l'association de ces intérêts pour la réalisation des grandes entreprises des travaux publics. Examinons les besoins de la France. De tous côtés le territoire réclame des améliorations; l'agriculture manque de moyens de transport et d'irrigation; les villes manquent de lumière, d'eau et de conditions d'assainissement; les rivières sont à peine navigables, les canaux faiblement exploités; nos ports sont sans profondeur, sans bassins et sans magasins; la télégraphie internationale est le monopole des étrangers; partout les besoins sont immenses et les moyens d'y subvenir ne sont plus dans l'impôt. L'impôt a dit son dernier mot quant à sa faculté productive des travaux d'utilité publique; il est impuissant. La rémunération prend forcément sa place. L'impôt n'a pu, dans aucun pays, produire les réseaux de chemins de fer; ces entreprises qu'on appelait à l'origine les voies de luxe, et que l'on considère aujourd'hui comme essentielles à la puissance de tous les pays, la rémunération les a créées avec une puissance inconnue jusqu'à nos jours; et son action a été tellement intelligente, que plus elle a pu agir avec liberté, plus son initiative a été habile et forte : en vingt ans, elle a fait jaillir de l'épargne plus de vingt milliards pour les chemins de fer seulement; elle est seule aujourd'hui capable de subvenir aux besoins que nous énumérions tout à l'heure. La nation qui saura constituer l'association par la forme la plus propre à donner des garanties de bonne direction aux affaires, sera en peu d'années la première du mondec : ar les capitaux se montrent plus cosmopolites pour les entreprises de travaux publics qu'ils ne l'étaient pour les titres des dettes publiques.

Il y a là, pour notre profession, les bases d'un avenir incontestable; les associations formées pour les travaux publics nous demanderont de guider leurs premiers pas, parce que les entreprises basées sur la rémunération des capitaux exigent de l'art des moyens spéciaux dont l'intelligence n'appartient qu'aux professions livrées à la concurrence.

La concurrence est notre force, et c'est de ce point de vue que nous pouvons envisager la valeur et la conséquence de l'acte du Gouvernement qui a fait de l'Ecole centrale une école de l'Etat.

Au lieu d'exiger des ingénieurs du Gouvernement de se confondre dans les ingénieurs civils en s'attachant aux Compagnies, l'Etat élève les ingénieurs civils en reconnaissant la validité de leur diplôme; il leur donne rang de droit,

comme ils l'ont de fait, dans les affaires du pays ; il leur élargit la carrière en les signalant, en les recommandant ainsi à l'opinion publique.

Ne nous plaignons donc pas de l'intervention des ingénieurs de l'Etat dans l'industrie des chemins de fer. Ceux d'entre nous qui ont confiance dans la liberté appliquée au travail en sont satisfaits ; je crois qu'ils ne se trompent pas, et qu'il importe que le mérite puisse être puisé par les Compagnies partout où il est, que l'industrie ne puisse se priver d'aucune force.

Je ne doute pas que le chemin qui est fait vers nos vues et nos tendances par les ingénieurs de l'Etat lorsqu'ils participent dans les entreprises des Compagnies, ne les conduise à un but utile pour notre cause, et les hommes habiles parmi eux qui ont compris le parti qu'ils pouvaient tirer des élèves sortis de l'Ecole qui a fondé notre profession ont à mes yeux, et doivent avoir aux yeux de tous, droit à notre reconnaissance.

Nous avons encore à examiner la situation des ingénieurs civils dans l'industrie générale. La moitié des membres de cette société est engagée dans les entreprises privées ; elle y a pris une place importante, car elle est associée à tous les progrès, à toutes les découvertes modernes de ce pays ; l'Exposition universelle en a donné la preuve, elle a mis les ingénieurs civils à une très bonne place.

Et cependant, quels obstacles ne rencontrons-nous pas dans cette direction ! L'exploitation des mines, l'industrie du fer, la construction des navires, sont ici frappées de langueur. Des obstacles pris dans nos mœurs, dans nos coutumes, dans nos lois, arrêtent ou compriment l'initiative de l'industrie.

Pour l'exploitation des mines, nous voyons surgir la prospérité de nos voisins ; le développement de leur production est immense, l'art y fait des progrès rapides à l'abri d'un régime qui n'est autre chose que l'absence de législation spéciale, tandis que nous assistons chez nous à l'échec complet et funeste d'une législation qui semblait, à l'origine, devoir être le salut de nos richesses minérales.

L'industrie du fer, placée par cette législation dans l'impossibilité d'assurer ses approvisionnements de minerai, voit les capitaux en défiance, de telle sorte que pendant que les procédés se transforment chez les autres peuples, ils restent chez nous dans l'immobilité ; tandis qu'ailleurs la production s'accroît, elle reste chez nous à peu près stationnaire.

Pour ces industries comme pour d'autres, la forme d'association des capitaux connue sous le nom de société en commandite est mal accueillie dans l'opinion publique, et les derniers efforts tentés pour lui concilier les capitaux ont été insuffisants. Quant à la forme anonyme, qui s'est montrée si efficace, quel est celui d'entre nous qui connaît les règles légales de sa constitution ? En ce moment sept entreprises de forges, représentant un capital de 91 millions, et fondées depuis nombre d'années, aspirent à offrir cette forme d'association à leurs actionnaires, qui la désirent ardemment et qui se découragent. Aussi voyons-nous les peuples mieux partagés que nous, sous le rapport de la facilité à s'associer dans un but de travail, nous devancer dans la carrière des affaires, des idées industrielles et des grandes applications de l'art.

A côté de cela, un fait destiné peut-être à exercer sur notre profession une influence capitale s'accomplit sous nos yeux et prend une extrême intensité, je veux parler des brevets. Le flot qui se produit chaque jour et s'élève constamment environne tout ingénieur qui se voue par des travaux assidus à une industrie spéciale; il est lui-même obligé de se défendre et d'imiter ceux dont il redoute les entraves, en s'assurant par des brevets la propriété des moindres améliorations.

Qui n'est frappé de cet état de choses en comparant le nombre des brevets pris en France et en Angleterre dans une période de temps égale, et en mettant en regard l'importance des affaires et de la production dans les deux pays?

Il y a là un sujet bien sérieux de réflexion et un aliment utile à nos discussions.

Je vous proposerai donc d'examiner ici quelquefois les questions qui ont une influence marquée sur la situation et l'avenir de ceux d'entre nous qui cherchent une carrière dans l'industrie générale.

Des modifications à la loi des brevets sont à l'examen. Le projet contient des dispositions nouvelles qui méritent toute notre attention. Tout en conservant aux brevets leur but, celui de garantir l'inventeur, la loi doit prendre toutes les précautions nécessaires pour n'octroyer, autant que possible, de privilége que là où il y a réellement invention.

Nous examinerons également, si vous le voulez, les conséquences de la loi des mines sur l'exploitation des richesses minérales et sur l'industrie du fer.

Rien ne peut être plus utile, en face des enseignements que nous donne son application en France, et aussi en Belgique et en Espagne, où elle a été à peu de chose près imitée. Comment, en effet, se refuser à voir que, sous l'empire de cette législation, la houille est tenue en France et en Belgique, sur la mine, à un prix de 50 p. 100 plus élevé que celui auquel elle se vend en Angleterre; que l'industrie du fer dans ces deux pays a presque toujours vu sombrer les plus grands établissements dès leurs premiers pas; qu'elle a été ballottée par les crises financières et les périodes de haut prix, menant une existence toujours faible et compromise d'où ne peuvent la tirer les associations qui se sont opérées récemment entre un grand nombre d'usines?

Comment ne pas reconnaître que les richesses inépuisables de la France en minerai de fer restent enfouies sans emploi, malgré les favorables conditions dans lesquelles les canaux et les chemins de fer les ont placées?

C'est à nous, plus spécialement qu'à d'autres, qu'il échoit d'avoir à rechercher les causes de cet état de choses, à les signaler, et à dégager, s'il est possible, l'industrie générale des entraves qui arrêtent son développement.

L'industrie générale est en réalité notre mère nourrice; elle ouvre aux travaux des ingénieurs civils des sources multiples pour leur carrière industrielle. Elle doit, pour notre profession, constituer un groupe d'hommes prêts à diriger les entreprises qui surgissent chaque jour. La disposition de l'époque à agir sur une grande échelle, à éviter l'éparpillement des efforts et des capitaux, est évidemment favorable à notre profession. Il faut donc tourner nos plus grands efforts de ce côté, nous signaler les uns aux autres les obstacles, les

difficultés, et produire entre nous, s'il est possible, l'unité des vues sur ce qui convient à l'intérêt de notre profession.

Quels encouragements plus sérieux, quels stimulants plus actifs est-il possible de trouver dans la marche rapide des découvertes et des grandes applications industrielles qui s'opèrent dans les pays où il existe moins d'entraves au développement du travail? L'histoire des deux ou trois dernières années est d'une fécondité sans pareille sous ce rapport : toute une grande industrie créée pour l'exploitation des gîtes aurifères au moyen d'appareils d'une dimension inconnue jusqu'ici.

Bien sérieuse leçon pour nous : car si nos colonies avaient été en possession de ces richesses minérales, notre loi des mines en eût suspendu certainement, sinon complétement empêché l'exploitation, en arrêtant les efforts des simples manœuvres qui ont été les pionniers nécessaires de cette industrie.

L'Amérique prolongeant ses chemins de fer jusque sur l'océan Pacifique, dirigeant les émigrants européens en les couvrant de ses armées, et réglant d'une manière rapide, sûre et libérale, le partage des terres; construisant des navires de 2 à 3,000 tonnes pour se relier régulièrement à l'Europe.

L'Angleterre se couvrant d'un réseau de lignes télégraphiques, se plaçant de suite en première ligne dans les grands efforts tentés pour établir des relations internationales à travers les mers par l'emploi des câbles sous-marins; la construction des navires s'accomplissant pour les voyages de long cours par l'emploi presque exclusif du fer sur un tonnage de 3 à 4,000 tonnes; l'assainissement des villes, l'application des machines à l'agriculture; l'établissement de ports d'une dimension colossale, composés d'établissements propres à diminuer les frais des transports maritimes; enfin, cette tentative aussi hardie que rationnelle de faire de la mer le moyen le plus sûr, le plus commode, le plus régulier, de communication par la construction de navires défiant l'agitation des eaux et la violence du vent, et protégeant enfin la vie humaine contre les écueils et contre ces accidents terribles qui ont, dans ces derniers temps, si fréquemment constaté l'impuissance des efforts tentés jusqu'à ce jour pour résister aux simples fatigues qu'une mer agitée fait subir aux bâtiments les mieux construits.

Toutes ces entreprises, tentées par des pays où le travail règne en maître, où la législation se modèle à ses besoins, où le principe de liberté industrielle est toujours l'origine et où la règle écrite n'arrive qu'à la suite de l'abus et s'éteint avec lui, où l'association fondée par tous les intérêts sur le principe rémunérateur revêt une forme qui lui attire incessamment l'épargne du plus grand nombre, où la responsabilité personnelle existe du premier au dernier; ces entreprises ne sont-elles pas un sujet d'encouragement, de réflexion, de discussion et de lumière?

Ne devons-nous pas, devant ce spectacle, devant cette marche ascendante de l'esprit humain, chercher à être aussi les bons conseillers du pays dans la carrière de l'industrie, et notre profession ne doit-elle pas trouver là l'occasion de grandir en s'ennoblissant par les services qu'elle peut rendre, basant ainsi sur le progrès de l'art le développement de la richesse publique?

SÉANCE DU 22 JANVIER 1858.

Présidence de M. Eugène Flachat.

M. de Branville donne lecture d'un mémoire sur la pose des câbles sous-marins et sur les opérations préliminaires qui s'y rattachent.

Dans l'établissement des circuits sous-marins, l'ensemble des opérations qui constituent la pose des câbles doit être pris sérieusement en considération. Un mauvais câble, en effet, peut être posé avec succès si toutes les précautions ont été prises; le meilleur, au contraire, peut être perdu par une simple négligence.

Lorsqu'on veut réunir un point à un autre par un câble électrique, la première chose à faire est de déterminer la longueur de câble nécessaire. Pour cela, il faut avoir le profil du fond de la mer sur tout le parcours que l'on veut suivre, la vitesse et la direction des courants que l'on doit rencontrer. L'importance que ces données ont elles-mêmes pour la navigation a fait entreprendre un grand nombre de travaux qui se trouvent consignés sur les cartes marines. Cependant les sondes, fort nombreuses près des côtes, deviennent de plus en plus rares à mesure que la profondeur augmente, et il arrive un moment où elles sont insuffisantes pour les travaux qui nous occupent. On aura donc presque toujours des sondes à faire; c'est, en quelque sorte, l'opération préliminaire de la pose.

Sondes. — M. de Branville discute alors les avantages et les inconvénients que présentent les différents appareils employés, et il conclut à l'adoption de la sonde électrique de M. Balestrini, disposée à plomb perdu et supportée par une ligne en soie de petit diamètre.

Influence des courants. — Les courants qui sillonnent la surface des mers sont très bien connus; quelques-uns atteignent une vitesse de plus de 1 kilomètre à l'heure. Quant aux courants sous-marins, on a constaté leur existence, souvent même leur direction, mais on n'a aucune donnée précise sur leur vitesse. Il est donc impossible de se rendre un compte exact de l'action qu'ils peuvent exercer sur les câbles pendant la pose; seulement, toutes les fois qu'on aura le choix, il faudra adopter un tracé qui suive leur direction ou qui les traverse le plus obliquement possible.

Des câbles sous-marins au point de vue de la pose. — On peut ranger les câbles en deux classes : les câbles lourds et les câbles légers. Les premiers exigent, pour être immergés dans les grandes profondeurs, des précautions toutes spéciales. En effet, ils ne perdent guère dans l'eau plus de 1/7e de leur poids, ce qui les fait casser sous une longueur comparativement bien moindre que celle que peuvent supporter les câbles légers. Il faut donc diminuer la tension produite par le poids, ce qui peut s'obtenir en laissant s'accroître la vitesse d'émission de manière à augmenter l'allégement produit par le frottement de l'eau. Il y a avantage alors à faire marcher le navire à grande vitesse. Malgré cela, il y a encore une perte qui peut s'élever, dans certains cas, à plus de 50 p. 100 de la distance totale à parcourir. Un autre moyen a été proposé par M. Balestrini : il consiste à modérer la descente par l'emploi de parachutes et de flotteurs que l'on attache au câble pendant l'immersion. Les flotteurs sont réunis à la corde qui doit les fixer au câble par un scellement soluble dans l'eau de mer, ce qui leur permet de se détacher spontanément après la pose. L'emploi des câbles légers ne nécessite ces précautions que dans des cas très restreints : aussi sont-ils, pour les grandes profondeurs, bien préférables aux câbles lourds.

Disposition du câble à bord. — Le moyen exclusivement adopté consiste à enrouler le câble sur lui-même. Cette méthode a des inconvénients qu'il convient d'atténuer autant que possible. Ainsi, à chaque tour de spire qui se déroule, le câble est tordu d'un tour sur lui-même. Le sens de l'enroulage n'est donc pas indifférent; il doit être tel, que l'effet dont nous parlons agisse dans le sens de la torsion naturelle des spires du câble. Il faut encore que la longueur développée des spires soit aussi grande que possible, de manière à rendre la torsion minimum. Un moyen d'empêcher tous ces effets serait d'enrouler le câble sur lui-même en forme de 8; alors, à chaque tour développé, il y aurait une demi-torsion dans un sens et une demi-torsion dans l'autre. Cet arrangement augmenterait la hauteur des spires à l'endroit des croisements, et rendrait le dévidage un peu plus difficile; mais on doit pouvoir obvier à ces légers inconvénients, et, s'il n'y a pas d'autre objection, nous croyons qu'on peut l'adopter.

Emission du câble à la mer. — Le mouillage du câble se produit par la marche même du vaisseau. Le câble passe sur un tambour de 2 mètres à 2m.50 de diamètre avant de tomber à la mer. Ce tambour est à frein, de manière à pouvoir régler la vitesse de l'émission.

Indicateurs. — Il est de toute importance d'avoir des indicateurs de la tension du câble, de la vitesse d'émission et de la marche du navire. Comme indicateur de la tension, on peut employer celui que M. W. Siemens a imaginé. Il se compose d'une poutre en bois placée dessus le câble, entre le treuil et le bordage du navire. Cette poutre se termine, à l'un des bouts, par deux tourillons qui lui permettent d'osciller librement; l'autre extrémité est munie d'une poulie à gorge qui, en appuyant sur le câble, lui fait prendre une flèche

dont les différentes hauteurs mesurent la tension supportée. Pour mesurer la vitesse d'émission, les Anglais emploient un compteur. Cet appareil permet de comparer la longueur immergée au chemin parcouru : il est donc nécessaire, mais il n'est pas suffisant. Il faut un indicateur qui, sans calcul, instantanément, donne la vitesse d'émission et non la quantité totale émise, chose facile à obtenir en transmettant, par exemple, le mouvement de rotation du tambour à un pendule conique dont la tige est graduée en vitesses. Ces réflexions s'appliquent aux indicateurs de la marche du navire. Les appareils employés n'indiquent pas le chemin parcouru dans l'unité de temps. On peut l'obtenir par une ligne de loch laissée à la traîne et d'une longueur telle, par exemple, que 1 kilogramme de tension produite par le frottement de l'eau corresponde à une vitesse de 1 kilomètre à l'heure. Cette ligne serait attachée à un dynanomètre ordinaire. On peut employer encore le loch de M. Clément, composé d'une boule placée dans la partie plongeante du bâtiment et qui prend diverses inclinaisons sous différentes vitesses.

Machine de pose de M. Balestrini. — Un grand tambour, sur lequel passe le câble avant de tomber à la mer, se trouve placé entre deux longues poutres entretoisées et convenablement équilibrées. Ces deux poutres peuvent librement osciller par l'un des bouts autour de l'arbre du tambour; à l'autre extrémité est une poulie à gorge dont les coussinets sont formés par des glissières qui appuient chacune sur un ressort. Chaque poutre enfin repose sur un gros ressort placé près de son axe d'oscillation.

Dans cet appareil, tous les efforts qui se traduisent par un excès de tension sur le câble sont absorbés par les ressorts de la poulie et de la poutre, et se transforment en mouvement d'oscillation très doux qui sert aussi à indiquer approximativement la tension exercée sur le câble. Dans cette machine, on emploie le frein ordinaire, avec cette seule différence que le bras de levier est chargé d'un poids mobile sur sa longueur. Ce frein ne sert que comme un auxiliaire permettant d'arrêter l'émission dans les cas purement accidentels et agissant en marche avec l'action combinée d'un modérateur. Ce dernier appareil se compose de deux roues à palettes verticales, commandées par le tambour et tournant en sens contraire dans une bâche que l'on peut remplir d'eau ou vider à volonté. On conçoit que le câble, en se déroulant, fait tourner les palettes, qui opposent une résistance très grande quand elles sont noyées, très faible, au contraire, quand elles tournent à vide. On est donc maître, par un simple jeu de robinets, de faire varier la résistance entre de très grandes limites, pour une même vitesse, condition qu'il était indispensable de remplir pour permettre l'émission à toutes les vitesses de marche du navire.

Enfin les indicateurs de la vitesse d'émission et de la marche du navire seront construits conformément aux idées que nous avons émises.

Résumé. — En résumé, l'établissement des communications électriques sous-marines comprend trois opérations bien distinctes : les études préliminaires, la construction du câble, et la pose.

Etudes préliminaires. — On doit d'abord déterminer, d'après la direction et l'influence probable des courants, la route à suivre, puis faire des sondes, sur tout le parcours, en nombre suffisant pour permettre d'exécuter le tracé du fond de la mer, et enfin calculer la longueur du câble nécessaire.

Construction du câble. — Les câbles employés doivent avoir la plus grande conductibilité possible. L'isolement des fils de transmission doit être parfait, de manière à ne laisser passage à aucune fuite du courant galvanique. Il faut chercher, par des moyens qui sont du domaine de la science, à neutraliser la résistance produite sur les circuits par l'électricité d'induction. Chaque toron en chanvre ou en fil de fer, qui compose l'armure des voies électriques, doit supporter, aussi exactement que possible, le même effort, quand on soumet le câble à la traction. On doit enfin limiter, autant qu'on le peut, la longueur de l'armure métallique qui enveloppe les câbles, comme pouvant se charger d'électricité magnétique et influencer le courant de transmission ; cette précaution doit être surtout observée dans les câbles qu'on posera dans le sens du méridien magnétique, où cet effet est probablement augmenté. Pour la pose, les câbles doivent satisfaire à cette condition fondamentale, que l'allongement à la rupture soit plus grand pour les voies électriques que pour l'armure de résistance. Il faut de plus, pour les grandes profondeurs, qu'ils puissent supporter la plus grande longueur possible en suspension dans l'eau.

Machines de pose. — Les machines de pose doivent permettre l'émission, à une assez grande vitesse de marche, sans difficulté pour le dévidage, sans excès de torsion des spires, sans perte sensible de longueur, sans que la tension dépasse jamais une quantité déterminée par la résistance du câble. Il faut enfin que tous les appareils employés soient fondés sur ces principes : faire disparaître ou au moins atténuer tous les excès de tension produits sur le câble par les causes extérieures, fournir toutes les indications nécessaires pour permettre d'opérer à la vitesse voulue et dans les limites de tension déterminées.

Si nous examinons tout ce qui a été fait jusqu'à présent, nous sommes obligés de reconnaître que les défauts graves que présentent les câbles lourds et l'insuffisance des moyens de pose ont fait échouer bien des tentatives, et encore, dans celles qui ont réussi, a-t-on été obligé d'employer le câble avec une prodigalité inquiétante pour l'entreprise. En présence de ces faits, nous croyons que l'on doit accorder une attention toute particulière aux innovations de M. Balestrini, qui résument actuellement tous les progrès apportés dans la grande question de la télégraphie sous-marine.

Répondant à l'invitation que lui fait M. le président, M. de Branville donne ensuite quelques explications sur les différentes espèces de câbles qu'il a déposés sur le bureau, et sur la sonde de M. Balestrini, qu'il a décrite et dont il présente un modèle d'exécution.

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, M. de Branville de son intéressante communication, qui sera publiée dans le Bulletin.

Sur des questions à lui posées par M. le président, M. Balestrini, invité à

assister à la séance, donne quelques éclaircissements desquels résultent les faits suivants :

On peut maintenant établir que la transmission de l'électricité à travers les câbles sous-marins ne s'effectue pas de la même manière que sur les circuits ordinaires. Il se produit des perturbations dont l'intensité varie suivant des circonstances qui ne sont pas nettement définies.

Ce qui est certain, c'est que les retards sont proportionnels à la longueur du câble. De plus, on a observé qu'il se produit des courants, des retours plus ou moins intenses dans l'intervalle de chaque signal, dont le résultat est de produire des retards dans la transmission des dépêches.

Ces perturbations ont été observées pour la première fois par le savant M. Siemens, sur des circuits souterrains établis par lui en Prusse.

Deux hypothèses ont été faites pour expliquer ces phénomènes : dans la première, on considère le câble comme une immense bouteille de Leyde dont l'armure intérieure est formée par les voies de transmission; la couche isolante, par la gutta-percha; l'armure extérieure, par les torsades de fer et l'eau. Dans la seconde, on attribue les retards à des phénomènes d'induction dynamique. Si l'on admet l'existence d'une bouteille de Leyde, la substitution du chanvre au fer, pour former l'armure de résistance, est un véritable progrès, en ce sens, que l'accumulation de l'électricité variant en raison inverse de l'épaisseur de la couche isolante, on diminuera de beaucoup la production de ce fluide. Si l'on admet, au contraire, l'hypothèse des courants d'induction, il y aurait à rechercher la manière de leur donner une issue, de les neutraliser, ou encore d'utiliser leurs effets.

A cet égard, M. Balestrini se propose de faire plusieurs séries d'expériences en employant les fils dits d'induction qu'il a introduits dans ses câbles. Il ajoute qu'il ne croit nullement avoir résolu la question, mais seulement il espère que ces fils neutres permettront d'entreprendre de nouvelles recherches qui pourront mettre sur la voie d'une solution.

Dans l'état actuel des choses, le problème est à l'étude, mais il n'est pas encore résolu.

M. LE PRÉSIDENT signale à M. de Branville une nouvelle sonde à compteur de vitesse de descente, employée en Angleterre, avec laquelle un changement brusque de vitesse indique que le fond est touché. Cet appareil ne présente-t-il pas les mêmes avantages que celui de M. Balestrini?

M. DE BRANVILLE répond que le grand avantage de la sonde de M. Balestrini sur toutes les autres, c'est d'apprécier exactement le moment où l'on touche le fond; elle doit donc être préférée. Quant aux divers moyens de déterminer la profondeur, soit par la quantité de ligne filée, soit par les compteurs à ailettes, soit enfin en calculant la profondeur par le temps employé à la descente, ils peuvent tous être employés avec la sonde électrique.

M. DE BRANVILLE, revenant ensuite à la question des câbles sous-marins, insiste sur ce fait : que la transmission des courants se fait avec plus de lenteur lorsque les câbles sont placés dans le sens du méridien magnétique; il cite comme exemple ce qui se passe entre Cagliari et Malte d'une part, Malte et

Corfou de l'autre. Les deux câbles qui réunissent ces stations sont identiques, et cependant les retards sont beaucoup plus considérables dans la première ligne.

M. LE PRÉSIDENT demande à M. Balestrini s'il peut donner l'explication de ces phénomènes.

M. BALESTRINI répond que cela tient probablement à ce que l'armature en fer qui entoure ces câbles dans toute leur longueur acquiert des propriétés magnétiques dont l'influence se fait sentir sur les courants de transmission. On sait, en effet, qu'il suffit de placer une barre de fer dans le sens du méridien magnétique, pour qu'elle s'aimante. Il serait intéressant de faire des expériences à l'endroit où les extrémités de ces câbles touchent la terre; si le fait se confirme, il faudrait employer des câbles dont l'armure de résistance serait en matières textiles.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Balestrini à donner quelques détails sur la perte de temps que ces retards occasionnent dans la transmission des dépêches et quels sont les moyens jusqu'ici employés pour y remédier.

M. BALESTRINI répond que ces pertes de temps sont très variables suivant la longueur des câbles et les conditions où ils se trouvent. Les plus grands retards observés ont lieu sur la ligne de Cagliari à Malte; la longueur est d'environ 600 kilomètres. M. l'inspecteur général des lignes télégraphiques sardes, dans un rapport au ministre de l'intérieur, dit que l'intervalle laissé entre deux signaux est de près d'une seconde, sans quoi il y a confusion; on ne peut pas transmettre plus de soixante-quinze signaux par minute.

Quant aux moyens pour diminuer ces retards, plusieurs ont été employés. M. Siemens a construit un appareil qui est actuellement expérimenté sur la ligne de Cagliari à Bone. En Angleterre, on a obvié en partie à ces inconvénients en substituant aux batteries électriques ordinaires des appareils magnéto-électriques dont la force d'expansion plus puissante permet de franchir de grandes distances avec moins de difficulté. Quelques personnes aussi espèrent arriver au même résultat en augmentant la section des conducteurs électriques.

M. BALESTRINI fait, en outre, connaître à la Société un fait remarquable qui a été observé pour la première fois par M. Bonelli, et dont il est donné connaissance dans le rapport déjà cité. Ce fait consiste en ce que la confusion des signaux était beaucoup plus notable quand les appareils étaient immédiatement appliqués aux extrémités de la ligne sous-marine, qu'ils ne le sont en opérant dans les stations, c'est-à-dire depuis qu'il a été ajouté 5 kilomètres de ligne terrestre. Cette observation, ainsi que le fait remarquer M. Bonelli, pourrait mettre sur la voie de parer aux inconvénients signalés. M. Balestrini se résume en disant que les moyens employés jusqu'à ce jour n'ont pas eu encore pour résultat de combattre complétement l'influence des retards. Il en résulte que dans la plupart des cas un câble à une voie sera insuffisant pour les lignes directes d'une grande longueur. Le seul moyen pratique et d'un succès assuré auquel on peut recourir aujourd'hui consiste à fractionner, autant que

possible, les circuits sous-marins, et d'y intercaler des relais au moyen desquels on peut rendre aux courants toute leur puissance d'expansion.

La discussion s'engage sur les causes qui ont amené la rupture du câble américain; M. le président dit qu'une enquête attribue cette rupture à ce que le frein étant manœuvré seulement par trois hommes qui se relayaient de huit en huit heures, l'un d'eux, très fatigué, s'était endormi au moment de son travail; quand il s'est réveillé, averti par un coup de sonnette que la vitesse du câble était trop considérable, il a voulu, pour la diminuer, se servir du frein, qu'il a fait agir trop brusquement, et le câble a cassé. Devant de pareils faits, M. Balestrini regrette vivement que l'on n'ait pas employé de machine pour manœuvrer le frein en le faisant agir graduellement, comme l'a proposé M. de Branville. Du reste, même dans ce cas, un grand mouvement de tangage pourrait produire la rupture.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Balestrini des explications qu'il a bien voulu donner, et qui ont vivement intéressé la Société.

SÉANCE DU 5 FÉVRIER 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. MARTIN donne communication de son mémoire relatif à l'application de la télégraphie à l'exploitation des chemins de fer; il donne la description des différents appareils qui ont été imaginés pour la transmission des signaux télégraphiques. (*Ce mémoire sera inséré dans le Bulletin de la Société.*)

M. LE PRÉSIDENT fait observer que depuis l'origine de la télégraphie, deux écoles distinctes paraissent s'être formées : dans l'une on s'efforce de n'employer que les effets immédiats de l'électricité; dans l'autre on n'utilise ces effets que par l'intermédiaire de rouages compliqués.

En Angleterre, on ne fait intervenir dans la construction des appareils que des aiguilles aimantées et des électro-aimants; mais en France, on a trop longtemps suivi une marche tout opposée : bien peu d'appareils sont exempts de mouvements d'horlogerie; cependant, l'importation de l'appareil Morse paraît être l'indice d'une voie nouvelle, et il est permis d'espérer que la télégraphie, qui a déjà rendu de si grands services à l'exploitation des chemins de fer, deviendra d'une application plus facile, par conséquent plus générale, et qu'elle permettra d'apporter d'importantes simplifications dans le mode de transmission des signaux actuellement employés.

La multiplicité des avertisseurs électriques récemment proposés et les avantages présentés par quelques-uns permettent d'affirmer que le problème de la sécurité sur les chemins de fer à voie unique est résolu ; rien n'empêchera donc plus à l'avenir d'établir ces lignes économiques partout où l'absence de trafic et la difficulté d'exécution rendraient trop coûteux l'établissement d'une ligne à deux voies.

M. LE PRÉSIDENT ajoute que les appareils avertisseurs ont non-seulement l'avantage de transmettre rapidement les signaux, mais que de plus ils donnent une indication permanente de l'état de la voie ; que cette indication peut être consultée par tous les employés, et que, par conséquent, une collision ne peut plus être le résultat de la méprise d'un seul, mais du concours des erreurs de tous ; ce qui n'est pas possible avec des signaux qui indiquent eux-mêmes leur signification.

UN MEMBRE rappelle qu'il y a un an à peine, M. le Président exposait à la Société que le problème de la sécurité des chemins de fer reposait, non dans l'emploi de nouveaux freins, mais dans la recherche de ces avertisseurs électriques à la portée de tous, répondant à distance, à la demande de chaque train, si la voie est libre. Les appareils que M. Martin vient de décrire sont la réponse à ce vœu, et il est honorable pour nous que des ingénieurs français aient eu une large part dans la combinaison de ces appareils.

SÉANCE DU 19 FÉVRIER 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. LE PRÉSIDENT appelle l'attention de la Société sur l'importance que prend de plus en plus la *machine à vapeur portative*, locomobile ou autre, non-seulement dans l'industrie proprement dite, mais aussi dans les travaux publics et l'agriculture.

Les résultats obtenus par cette substitution de la vapeur au travail manuel, à une époque où l'accroissement des salaires change les bases principales du prix de revient du travail, ne sont pas assez généralement connus, non plus que beaucoup des circonstances où cette force mécanique a rendu d'éminents services.

Il importe donc de recueillir les renseignements isolés qui abondent et dont la réunion ne peut manquer d'être instructive. En conséquence, M. Péliget,

l'un des secrétaires, a été chargé de centraliser ce travail de collection pour faire un exposé méthodique des procédés d'emploi et des avantages qui en ont été retirés. MM. les membres de la Société sont invités à ne négliger aucune occasion de recueillir les renseignements qu'ils pourront se procurer sur le travail des machines à vapeur locomobiles, ou autres systèmes portatifs, dans les travaux de chantier et de campagne, et de les adresser à M. Péligot.

Divers membres, pour appuyer l'observation de M. le président, citent l'usage qui vient d'être fait de la locomobile, soit pour l'injection conservatrice des bois suivant le procédé Boucherie, soit dans les travaux du boulevard de Strasbourg et de la caserne du Château-d'Eau, mais surtout dans les terrassements du chemin de fer entre Villefranche et Lyon, par M. Castor, entrepreneur, dont les chantiers et appareils de drainage sont dignes du plus haut intérêt.

Un autre membre ajoute que, bien pénétrée de l'avenir de la locomobile, la direction du Conservatoire des arts et métiers, à Paris, se livre aux essais les plus multipliés sur ces machines, et que tous les mercredis la direction de l'entrepôt des machines agricoles, aux Champs-Élysées, s'applique à démontrer, dans des séances publiques, comment la locomobile peut être employée à mouvoir les divers engins utiles à l'agriculture.

M. le Président rappelle ensuite à la Société que, conformément à une décision du comité, le local des séances sera, jusqu'à nouvel ordre, ouvert à MM. les membres les vendredis intermédiaires entre ceux des réunions accoutumées, dans le but d'étudier ensemble la législation des brevets d'invention. La dernière réunion était malheureusement peu nombreuse ; mais, composée d'ingénieurs partant de points de vue très opposés, elle a cependant produit un résultat auquel tous étaient loin de s'attendre, c'est-à-dire l'unanimité des opinions sur les trois conditions suivantes :

Que la loi devait avoir pour objet essentiel de breveter l'invention en laissant à l'inventeur les risques et périls du plus ou moins de réalité de sa découverte ;

Que le droit de brevet aujourd'hui payé ne devait pas être diminué, parce que le sacrifice d'argent qu'exige un brevet est de nature à diminuer le nombre des brevets sans valeur ;

Qu'enfin la propriété des brevets doit rentrer dans le droit commun, c'est-à-dire être réglée dans les mêmes formes judiciaires que la propriété ordinaire.

M. Martin termine ensuite la communication de son mémoire sur l'application de la télégraphie à l'exploitation des chemins de fer à voie unique et à double voie.

SÉANCE DU 5 MARS 1858.

Présidence de M. Eugène Flachat.

M. Faure a la parole pour une communication relative à l'application des chaudières tubulaires aux machines fixes.

Les générateurs tubulaires à foyer intérieur, exclusivement réservés jadis aux seules machines locomotives ou à certaines machines navales, tendent de plus en plus à se substituer, dans les usines, aux générateurs à bouilleurs et à foyer intérieur. En présence de ce fait considérable il doit être juste, utile et opportun de rechercher la part d'initiative qui revient à quelques-uns des membres de la Société dans cette féconde application de la chaudière tubulaire.

Dans la séance du 6 *octobre* 1854, M. Nozo rendait compte d'une série d'expériences des plus intéressantes, entreprises sous son initiative et poursuivies sous sa direction immédiate pendant une année déjà, aux ateliers de La Chapelle, dans le but d'étudier comparativement : 1° la puissance de vaporisation des générateurs tubulaires à foyer intérieur, et celle des chaudières à bouilleurs et à foyer extérieur; 2° les conditions économiques de production de la vapeur dans l'un et l'autre système.

Un fait *accidentel*, une avarie grave survenue à la machine fixe du grand atelier d'ajustage, avait amené M. Nozo à installer dans l'intérieur de ce bel atelier une machine locomotive chargée de conduire provisoirement les nombreuses machines-outils qui y fonctionnent chaque jour.

A ce remède du moment il convient de rattacher le premier chaînon d'une série de recherches dont les conséquences devaient être considérables.

Après avoir alimenté au coke, durant les premiers jours, le foyer de cette locomotive transformée en machine fixe, M. Nozo songea à employer exclusivement la gailleterie d'Anzin dans ce même foyer, au moyen d'une modification très simple, qui consistait à y introduire un courant d'air forcé emprunté aux galeries du ventilateur de l'atelier des forges. L'air froid fut projeté dans la chambre de combustion, au-dessus du combustible, dans une direction sensiblement horizontale, en sens inverse de la marche des flammes, par des tuyères à base rectangulaire montées en remplacement de quelques entretoises et installées de même que ces dernières.

Le tirage était produit par l'injection de vapeur dans la cheminée de la locomotive, exhaussée de manière à dépasser légèrement le faîtage du comble de l'atelier.

L'observation de la marche de cette installation provisoire révélait à M. Nozo, en faveur de la production de vapeur dans le générateur tubulaire, comparée à celle bien connue du générateur à bouilleurs qui jusqu'alors avait fourni la force motrice nécessaire à la marche des outils, une économie manifeste de 40 0/0.

Un résultat aussi considérable, dont les conséquences furent immédiatement entrevues et nettement signalées par M. Nozo, devait être l'occasion d'une étude approfondie, et l'on songea à le contrôler par des expériences diverses et réitérées.

Ainsi et d'abord, les cylindres de la locomotive devenue machine fixe furent successivement et comparativement alimentés, tantôt par la vapeur produite dans le générateur tubulaire, tantôt par celle fournie par le générateur à bouilleurs que l'avarie survenue à la machine fixe laissait disponible.

Puis on voulut agir *inversement*, c'est-à-dire expérimenter sur une machine fixe, de puissance bien connue, fonctionnant dans les conditions usuelles et normales, qu'alimenteraient tour à tour un générateur à bouilleurs, à foyer extérieur, et un générateur tubulaire à foyer intérieur.

Le 15 *décembre* 1853, M. Nozo commençait l'étude de l'installation spéciale d'un générateur tubulaire ayant sensiblement même surface de chauffe que la chaudière à bouilleurs qui avait alimenté jusqu'alors la machine fixe de l'atelier des forges.

Le 19 *mars* 1854, la nouvelle installation achevée, cette machine fixe marchait, desservie alternativement par la chaudière tubulaire à foyer intérieur, et par l'ancien générateur à bouilleurs. Les conditions du tirage artificiel furent et devaient être très inférieures, dans cette disposition nouvelle, puisque le nombre des jets de vapeur dans la cheminée était nécessairement abaissé de 360 à 90 par minute; néanmoins, et malgré quelques autres circonstances défavorables, les résultats de ces expériences comparatives attestèrent en faveur du générateur tubulaire à foyer intérieur une économie de 35 0/0.

Ainsi, *et dès la fin de mars* 1854, *il restait établi, par une série d'essais* commencés en octobre 1853, *que l'application du générateur tubulaire à foyer intérieur à l'alimentation des machines fixes, ou à la production de la vapeur pour les divers besoins industriels, répond à une économie minima de* 35 0/0.

Ces essais, ces expériences avec leurs résultats, avaient été successivement et très libéralement communiqués à bon nombre d'ingénieurs, d'industriels; ils étaient donc connus, signalés, acquis déjà, lorsque M. Nozo vint lire en séance le compte rendu détaillé dans lequel on trouve les paroles suivantes:

« M. Cail, *frappé des premiers résultats que j'obtenais*, a entrepris des « expériences, de son côté: il a monté dans les ateliers du quai de Billy une « chaudière de locomotive Crampton de 100 mètres carrés de surface de « chauffe totale, pour remplacer provisoirement des générateurs à bouil- « leurs... »

M. Faure n'a pas l'intention de revenir en ce moment sur les détails si complets contenus dans le mémoire lu à la séance d'octobre 1854; il sait d'ailleurs

que M. Nozo prépare un travail nouveau et complet sur ce sujet. Se bornant donc exclusivement au rôle d'historien, M. Faure expose qu'en octobre 1854, M. Nozo, à la suite de la commande d'une machine horizontale de 60 chevaux faite à la maison Cail, engagea l'ingénieur de cette maison à étudier, sur des bases indiquées dès lors d'une façon précise, un projet dans lequel la machine à construire serait directement installée sur un générateur tubulaire pour composer un ensemble groupé à la manière des machines locomobiles. Une question de temps vint seule empêcher de donner suite à cette idée.

Il suffirait d'ailleurs de parcourir le mémoire cité de M. Nozo, pour reconnaître comment s'étaient précisées et généralisées, dans l'esprit de l'auteur du mémoire, les conséquences fécondes des expériences poursuivies durant une année déjà.

M. Faure donne ensuite des détails historiques, accompagnés de dates précises, desquels il résulte que la Compagnie du Nord a accepté *immédiatement*, en principe et en fait, le remplacement de ses générateurs à bouilleurs par des chaudières tubulaires, réalisant ainsi, et sans perdre un moment, *la mise en pratique industrielle* de l'application nouvelle dont l'importance venait d'être démontrée si complétement.

Ainsi, en 1855, on mettait en marche régulière et continue une chaudière tubulaire de locomotive à foyer agrandi, évasé, installée d'une manière spéciale pour desservir une grande machine fixe horizontale; on étudiait les grands générateurs du même système, destinés aux ateliers de la Compagnie, à Paris, à Amiens, à Tergnier, à Saint-Martin (Nord-Belge). Ces études, prolongées à dessein pour mettre à profit les renseignements des expériences qui se continuaient, étaient achevées au commencement de 1856, et la Compagnie proposait à plusieurs constructeurs, *à la maison Cail notamment, avec communication des dessins complets, la commande de trois générateurs tubulaires.*

M. Faure, dans le but de réserver à chacun la part qui lui doit revenir dans cet historique, remarque en insistant que MM. Molinos et Pronnier avaient envoyé à l'Exposition de 1855 un générateur tubulaire breveté en leur nom dans l'année 1854 et construit dans les ateliers de MM. Nepveu. Il rappelle une communication à ce sujet faite à la Société par MM. Molinos et Pronnier, en signalant les dispositions nouvelles propres à ces deux générateurs, et notamment l'emploi de l'air forcé dans des conditions essentiellement différentes de celles qui avaient été mises en œuvre par M. Nozo en octobre 1853 (1).

Enfin, et le 15 décembre 1857 seulement, MM. Cail et C^e^ croyaient pou-

---

(1) M. Faure tient à rétablir un fait oublié par lui dans sa lecture en séance : M. Durenne avait présenté à l'Exposition de 1855 un générateur tubulaire à foyer intérieur, pour machine fixe, dont les dispositions profondément originales et la belle exécution furent remarquées à juste titre.

voir demander et prenaient un brevet pour l'application des générateurs tubulaires à l'alimentation des machines fixes.

Pour que l'on puisse apprécier *de visu* les analogies et les différences, M. Faure met sous les yeux de la Société les dessins des générateurs tubulaires étudiés au Nord, et un croquis fait de souvenir sur la vue du dessin annexé au brevet Cail.

Après un résumé chronologique des faits qui viennent d'être successivement établis, entre octobre 1853, date des premiers essais faits au Nord, suivis des expériences successivement communiquées à tous ceux qui en ont voulu suivre les phases et connaître les résultats, et le 15 décembre 1857, date du très tardif brevet de MM. Cail et C^e^, M. Faure explique comment il a été amené à faire cet exposé.

Il a vu récemment, aux ateliers de La Chapelle, le colossal générateur tubulaire qui y fonctionne *depuis la fin de novembre* 1857; frappé de cette installation grandiose et simple à la fois, qui laisse à jour, accessible de tous points, un appareil dont la surface de chauffe dépasse 100 mètres carrés, et dont la puissance de production normale pourrait dépasser 100 chevaux, il a pensé faire une chose utile et juste à la fois en appelant l'attention de la Société sur cette création dont l'avenir lui paraît devoir correspondre à une sorte de révolution dans l'établissement des générateurs.

M. Edmond Roy présente ensuite quelques observations en réponse à diverses objections qui ont été faites à son système de matériel pour chemins de fer à petits rayons, dont il a entretenu la Société l'année dernière.

On a craint, dit M. Roy, que la construction des chemins de fer à petits rayons, sur lesquels ne pourrait circuler qu'un matériel spécial, n'entraînât à des dépenses de transbordement de marchandises au point de bifurcation qui annuleraient presque les économies réalisées dans la construction. Il fait d'abord observer que son système de matériel pouvant circuler sur toutes les lignes mélangé avec le matériel actuel, cette objection disparaîtra aussitôt que les compagnies le voudront, sans qu'il leur en coûte rien, en remplaçant ce matériel, au fur et à mesure qu'il s'usera, par celui qu'il propose.

Et en admettant que le matériel actuel des grandes lignes reste toujours ce qu'il est; que la nécessité de transbordement résulte du fait seul de l'impossibilité du matériel actuel de parcourir les lignes à petits rayons (ce qu'il n'admet pas en principe); en comptant que le parcours moyen des marchandises sur les embranchements est de 175 kilomètres seulement, les frais de transbordement par tonne étant de 1 fr., il en résulte que la recette brute kilométrique de l'embranchement sera grevée de 2 0/0; puis, considérant l'emploi du matériel actuel sur ces embranchements à rayons de 300 à 400 mètres, la circulation de ce matériel sur ces lignes augmentant les frais de traction de 20 à 25 0/0 comparativement à ceux des lignes à rayons minima de 800 à 1,000 mètres, il en résulte, en admettant qu'il n'y a pas de frais de transbordement, que la recette brute kilométrique sera néanmoins grevée de 6 0/0. L'avantage serait donc toujours pour le matériel qui, tout en nécessitant un transbordement, cir-

culera facilement dans les courbes à petits rayons et permettra de réaliser de grandes économies dans l'établissement de la voie.

Il donne communication du résultat des calculs auxquels il s'est livré pour savoir quel serait l'effort qu'exercerait la puissance vive contenue dans des roues pleines adaptées à ceux des essieux de son système de locomotive qui ne sont accouplés que par une seule bielle, pour faire franchir le point mort à la manivelle; il a trouvé que cet effort serait, avec la vitesse ordinaire des trains de marchandises et en cas de patinage, dix fois plus grand que l'adhérence des roues sur les rails, et ferait ainsi franchir, quand même, le point mort aux manivelles; puis il indique que, dans les conditions ordinaires, cette adhérence seule fera toujours franchir le point mort.

M. Roy présente un nouveau petit modèle de wagon dont les essieux se placent seuls, suivant des rayons, lorsqu'il parcourt des courbes. Cette nouvelle disposition a été étudiée dans le but de répondre à l'objection qui lui a été faite relativement au mouvement de lacet. En ce qui concerne les premières dispositions, dit-il, l'objection n'est pas sérieuse, 1° à cause du nouveau mode d'attelage qu'il a présenté; 2° parce que depuis le mois de décembre dernier un wagon de ce système a fonctionné sur la partie du Grand Central comprise entre les forges d'Aubin et la rivière du Lot, et que ce wagon, établi dans de très mauvaises conditions, sans ressorts de suspension, de choc et de traction, a été attelé dans des convois formés de wagons ordinaires, qu'il n'a donné lieu à aucune perturbation dans la marche, et qu'enfin on l'a fait circuler dans des courbes de 80 et 50 mètres de rayon avec une charge de 12 tonnes, sans que, proportionnellement, il offrît plus de résistance que les wagons ordinaires circulant sur des courbes de grands rayons.

M. Roy donne en outre communication de calculs comparatifs qu'il a faits pour savoir quel est l'effort en kilogrammes qui agit sur chaque essieu pour le faire échapper de la voie, lorsque le convoi parcourt des courbes de différents rayons et à diverses vitesses; pour des wagons ordinaires et pour ceux qu'il propose, il résulte de son travail, que l'intensité de cet effort est, pour son matériel parcourant les courbes de 100 mètres de rayon avec une vitesse de 60 kilomètres à l'heure, égale à celui qui sollicite les wagons actuels parcourant les courbes de 500 mètres de rayon à une vitesse de 65 kilomètres; à l'appui de son travail théorique il signale des vitesses semblables parcourues sur les chemins à petits rayons des Etats-Unis, et les vitesses journalières de 30 à 40 kilomètres dans les courbes de 50 mètres de rayon du chemin de Paris à Orsay; d'où il conclut que la crainte d'application des rayons de 100 mètres à la construction des chemins de fer ne tient nullement aux dangers propres à ces petits rayons, ni à l'impossibilité de conserver aux chemins de fer leur caractère essentiel de célérité et d'économie de transport, mais uniquement à l'imperfection du matériel roulant employé jusqu'à ce jour.

M. LE PRÉSIDENT invite M. Roy à tenir la Société au courant de ses expériences. La substitution d'essieux mobiles aux essieux fixes employés jusqu'ici est une innovation dans la construction du matériel des chemins de fer qu'on s'est attaché, pour éviter le mouvement de lacet, à rendre aussi rigide que

possible, quant au maintien des essieux dans leur parallélisme et quant au jeu latéral des fusées dans les coussinets des boîtes à graisse; c'est donc un sujet qui mérite une prudente attention.

M. Pronnier présente ensuite à la Société de nombreux spécimens des soupapes en caoutchouc vulcanisé de M. Perreaux.

Ces soupapes, dit M. Pronnier, remplissent toutes, dans les limites suffisant aux exigences de la pratique, les conditions suivantes :

1° Une très grande résistance due à leur forme particulière qui ne permet que des déformations très faibles sous des pressions de 5 à 20 atmosphères;

2° Une sensibilité très grande qui leur permet de s'ouvrir et de se fermer d'une manière hermétique, très rapidement et sans le moindre effort. L'élasticité du caoutchouc, à laquelle est due cette grande sensibilité, facilite encore le passage des corps solides entraînés par l'eau, sans que la pompe cesse de fonctionner et même sans qu'il se produise de diminution dans le rendement;

3° Lorsque le caoutchouc est de bonne qualité, et que la vulcanisation est bien faite, les soupapes peuvent fonctionner sans altération sensible dans l'eau dont la température dépasse 100°.

Il résulte de ces diverses conditions que les soupapes en caoutchouc de M. Perreaux conviennent à toutes les applications pour lesquelles on a employé jusqu'à présent le métal, sauf pour quelques liquides dissolvant le caoutchouc, tels que les huiles et autres carbures d'hydrogène; et que ces soupapes peuvent être substituées à celles en métal avec les avantages que présente l'emploi d'une matière éminemment élastique employée de la façon la plus rationnelle pour obtenir un contact parfait des surfaces obturatrices.

Comme exemple d'une soupape ayant subi les essais de haute pression et de température dépassant 100°, M. Pronnier cite la soupape appliquée sur une machine de gare du chemin de fer du Midi; cette soupape, dont la Société peu apprécier le parfait état de conservation, a fait un service continu pendant huit à neuf mois.

Les clapets en caoutchouc de M. Perreaux sont également substitués avantageusement à quelques applications pour lesquelles le caoutchouc avait déjà remplacé le métal; la plus importante est celle des clapets de pompe à air dans les machines à condensation.

On sait qu'ils sont généralement formés aujourd'hui d'une grande plaque fixée sur la pompe à air, et recouvrant une sorte de grille donnant passage à l'eau de condensation. Quoique la course de cette plaque soit limitée, elle se détériore rapidement à cause de la grande surface qu'elle offre au choc de l'eau sortant de la pompe; de plus, cette surface, qui n'a aucune rigidité, a besoin d'être soutenue en un grand nombre de points qui font obstacle au passage de l'eau et déterminent des contractions et des pertes de travail : les soupapes de M. Perreaux diminuent ces dernières pertes.

Quant à l'entretien, M. Pronnier pense que la forme résistante de ces soupapes, qui prête peu à l'adhérence des corps gras entraînés par l'eau de condensation, jointe à l'avantage de dimensions relativement restreintes, le ren-

dront insignifiant. Il soumet un spécimen des clapets de ce genre appliqués aujourd'hui à l'une des pompes à air du *Leviathan*.

Les services que peuvent rendre les clapets de M. Perreaux commencent du reste à être appréciés par l'industrie et l'agriculture. Des commandes importantes en ont été faites, tant en France qu'en Angleterre, pour les chemins de fer, les brasseries, la marine impériale et de commerce, les pompes de purin des fermes, etc.

Les prix des pompes avec clapets en caoutchouc sont notablement moindres que ceux des pompes à clapets métalliques; M. Pronnier a trouvé une différence d'environ 30 0/0 pour quelques pompes de locomotives qu'il a étudiées.

Un Membre indique qu'il a été chargé, il y a quelque temps, de rendre compte à la Société d'encouragement de l'invention de M. Perreaux. Il disait alors, et il serait autorisé à répéter aujourd'hui, que les pompes à purin livrées à l'agriculture par M. Perreaux fonctionnent sans altération depuis plus d'une année. Tous les agriculteurs apprécieront ce résultat.

Le même membre appelle l'attention sur les modèles de piston du même système qui présentent de bonnes dispositions. Ils fonctionnent sur des diamètres de 10 à 15 centimètres.

M. Pronnier indique que le frottement de ces pistons est très faible, si on a eu soin d'employer la mine de plomb comme matière lubréfiante.

M. de Branville donne ensuite lecture du compte rendu du dernier meeting tenu par la Société de l'*Atlantic telegraph*. Dans le rapport lu à cette réunion, il est dit qu'il serait préférable de commencer l'immersion au milieu de l'Océan, tout en posant le câble qui avoisine les côtes au moyen d'autres bâtiments. On donne ensuite en ces termes l'explication de la rupture du câble, pendant la pose de la section qui doit relier Terre-Neuve à l'Irlande :

Dans l'échec de la récente tentative, la machine d'émission n'était pas disposée avec prévoyance pour une tentative pratique et complète. Malgré cela, elle a fonctionné sur les portions les plus difficiles de la route, et elle a produit l'immersion du câble à des profondeurs d'eau de 2 à 3 milles sans aucune difficulté sérieuse. En 24 heures, 110 milles nautiques de distance ont été parcourus et 118 milles 1/2 de câble ont été posés; la perte était donc environ de 6 0/0. Le 10 août, cependant, le câble s'échappa de l'un des tambours d'émission, et le *Niagara* s'arrêta jusqu'à ce qu'il fût replacé. Cela fait, on repartit très lentement. Pendant ce temps, le câble s'enfonçait, et il demeura comme un poids mort à l'arrière du navire. Avant que l'on pût remédier à cet état de choses, le câble fut rompu par la pression exercée mal à propos sur le modérateur, ce qui causa l'arrêt de la machine et par suite la tension du câble; de plus, comme le vaisseau marchait difficilement par une mauvaise mer, la rupture se manifesta avant que l'on pût dégager les ouvertures. Tous les efforts ont été faits pour se prémunir contre la possibilité de futurs accidents.

Ce rapport conclut à la commande de 300 milles de câble coûtant environ 30,000 liv. st., et à une augmentation de 75,000 liv. ster. du capital reçu, qui était, au 31 décembre, de 347,398 liv. ster., dont 301,400 avaient été employées.

Ces conclusions sont adoptées à l'unanimité.

M. le Président fait remarquer, à l'occasion de ce rapport, qu'on ne paraît pas mettre en doute, en Angleterre, la possibilité de transmettre un courant à travers des câbles d'une aussi grande longueur, ce dont on avait ici manifesté la crainte. D'un autre côté, les indications données à la Société, relativement à l'émission du câble, sont confirmées par le rapport.

M. de Branville présente ensuite à la Société le manipulateur enregistreur de M. Aillaud.

Cet appareil est employé avec le récepteur Morse; il se compose d'un porte-crayon construit de telle sorte que, par le seul fait de la pression du crayon sur le papier, le courant électrique est envoyé sur la ligne, et cela pendant tout le temps que dure le contact. S l'on trace sur le papier des lignes droites ou courbes de différentes grandeurs, le récepteur reproduira des traits d'une longueur proportionnelle à ces lignes droites ou au développement de ces traits.

Le mécanisme est très simple; le crayon est fixé sur une tige mobile renfermée dans le cylindre du porte-crayon; cette tige est reliée à un levier coudé, extérieur au cylindre, qui est poussé, au moment où le crayon appuie sur le papier, contre une vis de contact communiquant avec la pile de la ligne. Le courant y est donc envoyé. Quand, au contraire, on relève le crayon, un ressort à boudin repousse le levier contre une autre vis de contact correspondant au récepteur. Ces deux vis sont fixées et isolées sur un dé en ivoire qui forme la tête du porte-crayon.

Trois fils de cuivre entourés de soie, tortillés ensemble, viennent communiquer l'un au levier, et chacun des deux autres à l'une des vis de contact. Ces fils sont ensuite roulés en ressort à boudin et fixés, par leur extrémité libre, à un support, de telle sorte que le crayon se trouve suspendu à quelques millimètres du papier. Lorsqu'on veut transmettre, on n'a plus qu'un effort insensible à exercer sur le porte-crayon pour l'amener au contact de la feuille. Cette disposition est très commode; les fils ainsi suspendus sont à l'abri des accidents de rupture auxquels ils seraient exposés sur les tables, et ils n'embarrassent en aucune façon les mouvements de l'employé qui écrit.

Il résulte des expériences faites à Marseille que cet appareil ingénieux fonctionne aussi régulièrement que celui dont on se sert ordinairement; de plus, la transmission est un peu plus rapide et sa manipulation exige moins d'habitude pour faire des signaux d'une grande régularité; enfin, et c'est là son avantage le plus sérieux, il laisse une trace des dépêches expédiées, ce qui permet d'exercer un contrôle rendu aujourd'hui très difficile.

M. de Branville termine en disant qu'il croit utile de répéter les expériences déjà faites sur le manipulateur de M. Aillaud, pour en faire connaître davantage toute l'efficacité. En conséquence, il met à la disposition de la Société l'appareil qu'il a apporté, et il demande qu'un membre soit désigné pour en faire l'application.

M. le Président charge MM. Martin et Regnault de faire ces expériences et d'en communiquer les résultats à la Société.

M. Molinos lit ensuite l'analyse d'un rapport présenté par le colonel Douglas-Galton, chef du contrôle des chemins de fer en Angleterre, aux lords du comité du Conseil privé du commerce en Angleterre, sur les chemins des Etats-Unis d'Amérique.

SÉANCE DU 19 MARS 1858.

Présidence de M. Eugène Flachat.

La Société a reçu de M. Chobrzynski un tableau récapitulatif des résultats de la substitution de la houille au coke dans l'alimentation des locomotives du chemin de fer du Nord, pendant les années 1855 à 1857.

M. le Président fait remarquer que les chiffres présentés dans ce tableau continuent ceux donnés l'année dernière dans un travail semblable. Le renseignement relatif à l'action de la houille sur les foyers et les tubes en cuivre est nouveau ; il importe de savoir qu'ils résistent mieux à l'usage du charbon qu'à celui du coke. M. Chobrzynski explique cela par l'absence des fragments durs qui usaient les tubes. Il est d'autant plus probable que cette explication est exacte, qu'il a été remarqué sur d'autres chemins de fer que les têtes des entretoises et les viroles s'altèrent plus vite par l'usage de la houille que par celui du coke. Il serait désirable d'avoir des renseignements sur la nature de la houille employée et sur la proportion du menu. Au chemin de l'Ouest, on a conservé la grille plate, et on a dû prendre de grandes précautions pour réduire la proportion du menu, qui ne peut, d'après les marchés, dépasser 18 0/0. Si le mérite des grilles inclinées est de permettre l'emploi des menus dans une grande proportion, et de faire usage d'un plus grand nombre d'espèces de houille, cela devrait conduire à effectuer la transformation des foyers actuels.

Il est ensuite donné lecture d'une lettre adressée à la Société par M. Desprez, ingénieur, sur l'application du procédé Triger au fonçage d'un puits de mine dans le bassin houiller du Centre.

Un Membre demande que M. Desprez soit prié de vouloir bien indiquer les dimensions et la nature du métal du sas. Il a vu employer le procédé Triger, en 1845, au fonçage d'une avaleresse, près de Valenciennes. Un accident terrible a interrompu le travail et a coûté la vie à huit ouvriers : le sas a éclaté par suite de la nature spongieuse de la fonte.

Il serait aussi très intéressant d'avoir des détails sur le traitement et l'état de santé des ouvriers. Au fonçage qui vient d'être cité, les ouvriers étaient

l'objet des plus grands soins : on leur faisait prendre des bains au sortir du travail, et ils étaient soumis à un régime de nourriture très fortifiant; néanmoins, plusieurs de ces ouvriers ont été atteints de douleurs rhumatismales.

M. LE PRÉSIDENT, dans un récent voyage, a vu appliquer au bassin houiller du Centre, non-seulement le procédé qui fait l'objet de la communication de M. Desprez, mais un autre appareil, dû à M. Guibal, qui exige l'emploi de pressions hydrauliques sur une très forte échelle. M. Guibal a été invité par lui à faire connaître cet appareil à la Société. Il a promis de le faire prochainement.

En ce qui concerne l'observation qui précède, relativement aux dangers auxquels est exposée la santé des ouvriers travaillant dans l'air comprimé, M. le président ajoute qu'il a connaissance d'ouvriers devenus infirmes après avoir travaillé sous la pression de 2 atmosphères 1/2; des renseignements ont été demandés sur ces faits à l'auteur de la communication.

UN MEMBRE dit qu'il a été frappé du chiffre de 40 chevaux indiqué comme puissance de la machine. Au fonçage cité plus haut, une machine de 200 chevaux avait été remplacée, lors de l'application de l'appareil Triger, par une autre de 12 chevaux seulement, qui suffisait largement pour le service, bien que les joints du sas fussent très mal calfatés.

L'ordre du jour appelle une communication de M. Jules Gaudry sur l'installation des *calorifères-ventilateurs* dans les grands édifices publics, et sur l'explosion récente du calorifère à eau chaude de l'église Saint-Sulpice. Suivant M. Gaudry, cet accident, qui a été beaucoup exagéré et sur lequel tant d'hypothèses ont été émises, s'explique facilement par des vices de construction étrangers au système. Après avoir sommairement décrit l'appareil qui appartient au type dit *à circulation continue d'eau sous une moyenne pression*, M. Gaudry dit que l'explosion s'est bornée à la rupture de l'un des panneaux d'une bâche quadrangulaire en fonte, pleine d'eau bouillante comme les conduits souterrains avec lesquels elle communique, et constituant un poêle qu projetait beaucoup de calorique. Non-seulement par sa forme à faces planes et par l'emploi de la fonte, ce poêle manquait de résistance à la pression intérieure, mais ses armatures de consolidation étaient insuffisantes et mal fabriquées. Dans le reste de l'appareil, tout a paru en état normal et loyalement établi; et en somme, l'ensemble du calorifère fonctionnait très bien depuis trois ans.

Abordant ensuite la question même de l'établissement des calorifères dans les grands édifices publics, M. Gaudry regrette que ces appareils occupent si peu de place dans les préoccupations des ingénieurs, car il s'y rattache, outre l'intérêt sanitaire, des intérêts artistiques de l'ordre le plus élevé; et d'autre part, les difficultés qui entourent la solution du problème appellent sur celui-ci les plus sérieuses études de la science. Prenant pour exemple les églises, M. Gaudry dit que l'élévation des voûtes, l'accumulation des maçonneries, leur assise directe sur un sol souvent déprimé, leurs clôtures mal jointives, et les réservoirs d'humidité que fournissent les chapelles enfoncées, parfois même obscures, qui entourent les nefs, paraissent défier tout projet de chauffage;

et que cependant ces édifices sont au premier rang de ceux où il importe d'établir des calorifères-ventilateurs, non-seulement pour des raisons hygiéniques qui sont évidentes, mais parce que les tendances actuelles sont d'y rappeler les arts sous toutes leurs formes, et que cette renaissance artistique n'aura de résultats durables qu'à la condition de soustraire les monuments aux influences destructives de l'atmosphère sous nos climats variables. Or ces ressources conservatrices paraissent exister dans le chauffage et la ventilation. M. Gaudry ajoute qu'il est heureux de se trouver en communauté d'idées avec MM. Thomas et Laurens, qui, dans un projet plus large encore, présenté il y a plusieurs années, se sont proposé d'employer l'action des calorifères-ventilateurs en toute saison, après avoir constaté qu'en été la fraîcheur qui règne dans les édifices, malgré la chaleur extérieure, n'est pas moins nuisible à la santé et aux œuvres d'art que les temps humides d'hiver.

M. Gaudry regrette qu'il y ait encore tant d'incertitude sur le système à proposer; il signale quelques détails d'installation qui lui ont paru généralement vicieux : ainsi, la visite des galeries et conduits est souvent impossible. Les chaudières et foyers ne présentent pas toujours cette absence radicale de danger qui devrait caractériser un appareil dont le but essentiel est conservateur, et autour duquel le public afflue.

Quant à la ventilation, son caractère fondamental doit être de ramener du haut des voûtes l'air chaud qui tend à s'y élever et qui s'y accumule en effet au point d'être nuisible, lorsque la chaleur reste insuffisante près du sol. Pour donner à cette ventilation l'énergie voulue, il faut que les bouches d'appel percées dans le dallage soient assez multipliées, suffisamment éloignées des bouches d'air chaud, et en communication avec des cheminées d'un tirage énergique dont l'érection doit s'harmoniser avec l'architecture de l'édifice. En bien des cas, elles pourraient être dissimulées dans le creux des gros piliers, souvent évidés au centre, comme, par exemple, dans les églises, ceux qui portent les tours et clochers. Sous ces divers points de vue, le calorifère de Saint-Sulpice a été très bien combiné.

En terminant, M. Gaudry se demande si les calorifères-ventilateurs de monuments publics n'auraient pas pu être installés dans un but d'utilité plus général, offrant en même temps des garanties de sécurité et des conditions de marche plus économique. Ainsi, revenant à l'exemple des calorifères d'églises, au lieu d'installer sous leur pavé et dans un local d'un abord difficile, des chaudières et foyers qui auront toujours des dangers inhérents aux appareils où il y a du feu et de la pression, n'aurait-on pas pu les établir sur un terrain voisin et grouper autour, pour être chauffés et ventilés du même coup, les écoles, salle d'asile, maison de cure et de secours, voire même ces bains et lavoirs à bas prix que les administrations municipales réclament et dont l'exécution serait facile. Très souvent nos monuments publics, églises ou autres, ont un édifice voisin pouvant participer à l'action du même calorifère, en action continue, avec d'autant plus de raison qu'ils ne demandent pas à être chauffés aux mêmes heures.

Ainsi, non-seulement, en dehors des cérémonies d'église, le chauffage n'y

profite à personne, mais pendant les offices même il faut fermer les bouches d'air chaud pour ne pas incommoder les assistants, et toute l'action du calorifère se borne presque au coup de feu du matin. D'où il suit que, si, comme à la basilique de Saint-Ouen (de Rouen), il existe à proximité un musée ou un hôtel de ville, ces édifices recevront la chaleur dans la journée, l'un le dimanche, l'autre en semaine, évidemment à moins de frais que si chacun avait son appareil distinct à action intermittente; surtout si on a pris soin de donner, au début de la saison froide et avant les gelées, ce premier coup de feu énergique et général propre à chauffer la masse de maçonnerie qui a été recommandé comme condition capitale dans les anciennes discussions à la Société, la chaleur n'ayant plus dès lors besoin que d'être entretenue chaque jour.

M. Gaudry n'a donc pas cru devoir se borner à relater les circonstances d'un accident isolé qui a trop inquiété sur l'avenir des calorifères dans les monuments publics; mais, en posant les conditions principales d'une sorte d'avant-projet de calorifères-ventilateurs, il a tenu à appeler l'attention des ingénieurs sur un appareil dont l'intérêt est actuel et l'importance considérable.

M. Richoux commence la lecture de son mémoire sur les différents systèmes de changements de voie.

La suite de cette communication est renvoyée à la prochaine séance.

Rapport aux Lords du Comité du Conseil privé du commerce, sur les chemins de fer des Etats-Unis, par M. DOUGLAS GALTON, capitaine au corps des Ingénieurs royaux, attaché au bureau du Contrôle (Board of Trade).

Traduit par M. Léon MOLINOS.

A l'époque de l'établissement des chemins de fer dans les états européens, ces derniers possédaient une population fixe, de beaux moyens de communication, un commerce considérable, de manière qu'il était possible de déterminer le trafic et le bénéfice probables de l'exploitation de ces chemins. Beaucoup de capitaux s'offraient pour leur construction, aussi se trouvèrent-ils dès leur début dans un état de prospérité suffisante.

En Amérique, les conditions étaient toutes différentes. De vastes cités existaient sur la côte de l'Océan; quelques grands centres de population étaient répartis sur les rivières, dans l'intérieur des terres; le reste du pays était à peu près inhabité, si ce n'est par les Indiens. Les moyens de communication étaient nuls, et, par suite, le commerce n'avait reçu aucun développement.

Le capital était rare, et on s'aperçut, d'ailleurs, bien vite que celui qu'il fallait réunir pour l'exécution d'un chemin de fer devait être beaucoup plus considérable que celui qui était nécessaire à la construction, et qu'une portion importante devait être appliquée au développement du trafic.

C'est ainsi, par exemple, que le chemin de l'Illinois, lors de sa construction, ne rencontrait guère sur son parcours d'autres habitations que ses propres stations, tandis qu'aujourd'hui chacune

d'elles est le centre de villes importantes entourées d'exploitations agricoles considérables.

Les circonstances toutes spéciales dans lesquelles les chemins américains ont été établis rendent difficile toute comparaison entre leur prix d'établissement et celui des chemins européens. — Pourtant un document officiel, publié récemment, porte la moyenne du prix de revient des chemins de fer des deux états de New-York et de Massachussets à 11390[1] par mille.

La moyenne du prix de revient de tous les chemins des États-Unis, à la fin de 1851, était de 7000[1] par mille.

Il y a actuellement en Amérique 26,000 milles de chemins de fer en exploitation, dont seulement un sixième à double voie. La plus grande partie de ces railways a été exécutée par des ouvriers irlandais.

Les chemins américains paraissent avoir été tracés principalement dans le but de réunir la côte de l'Atlantique aux districts de l'Ouest : mais les Alléghanies, qui courent parallèlement à la côte et prennent naissance au nord du lac Ontario, viennent couper toutes les lignes de communication entre les grandes villes du bord de la mer et les états de l'Ouest.

Le trafic direct de l'Est à l'Ouest, traversant les Alléghanies, se partage actuellement entre quatre grandes lignes, savoir :

1° Le New-York central railway ;

2° Le New-York and Erié railway ;

3° Le Pensylvania central railway ;

4° Le Baltimore and Ohio railway.

Il est peu probable que de nouvelles lignes traversant les Alléghanies soient aujourd'hui établies, au moins au nord de Baltimore. Le développement des états de l'Ouest et l'établissement de la ligne projetée du Pacifique viendront donc ajouter au trafic déjà très considérable de ces quatre lignes.

La grande question qui préoccupe aujourd'hui le public américain, c'est l'établissement d'un chemin de fer pour réunir les états

de l'Est avec ceux de l'océan Pacifique. Cinq tracés ont été proposés; mais les plus praticables se réduisent à trois.

Le premier, de Saint-Paul à Vancouver, près le 48e parallèle;

Le deuxième, de Council-Bluff à Benicia, près San-Francisco, près le 42e parallèle;

Le troisième, de Fulton à San-Pédro, près le 32e parallèle.

Le premier de ces tracés présente un développement de 1864 milles; sa dépense évaluée se monte à 625 millions de francs.

Le deuxième a 2032 milles de longueur et est évalué à 575 millions.

Le troisième a 1618 milles de longueur, et est évalué à 425 millions. Le dernier est celui qui traverse les contrées les plus fertiles.

Le premier tracé traversera les possessions anglaises; il sera sans doute exécuté, ne fût-ce que dans le but de ne pas laisser aux Etats-Unis le monopole des communications entre les deux Océans.

La ligne principale, courant du Nord au Sud, est le chemin central de l'Illinois. Ce chemin part de Cairo, au confluent du Mississipi et de l'Ohio, jusqu'à Chicago et Dubuque, et doit être continué au Nord jusqu'à Supérior-Cité, et au Sud jusqu'à Mobile, dans le golfe de Mexico.

Chicago est le foyer de toutes les communications de l'Ouest par chemins de fer. Cette ville est située dans l'une des plus fertiles régions du monde, à la pointe sud du lac Michigan. Elle communique par eau avec l'Atlantique, au moyen des lacs, du Saint-Laurent et du canal de l'Erié, et avec le golfe du Mexique par le canal de Bridgeport et le Mississipi.

Elle a donné un exemple frappant de cet accroissement prodigieux de prospérité et de population dont le Nouveau-Monde est encore aujourd'hui le théâtre.

En 1832, l'emplacement de Chicago était occupé par un petit fort et quelques cabanes; en 1849, sa population était de 29,047 habitants; en 1850, le premier chemin de fer qui y aboutissait était terminé; en 1851, elle était la tête de 40 milles de chemins de fer,

dont les recettes annuelles s'élevaient à 200,000 fr.; en 1855, 2933 milles rayonnaient autour d'elle : les recettes de ces chemins s'élevaient à la somme de 2.659,604 livres, soit 66,490,100 fr., et la population était de 83,509 habitants.

LÉGISLATION DES CHEMINS DE FER.

Les conditions spéciales dans lesquelles se trouvent placées les chemins de fer américains ont également influé sur la législation qui les régit.

Les propriétaires américains n'avaient généralement que peu de liens qui les attachassent au sol, et la construction d'un chemin de fer à proximité de leurs propriétés devait leur donner une valeur telle, qu'ils l'ont toujours favorisée de tout leur pouvoir. Aussi, sous le rapport des achats de terrains, les Compagnies américaines ont-elles eu à faire des sacrifices bien moindres que les Compagnies européennes.

Les chemins américains paraissent avoir été exécutés au moyen de quatre combinaisons différentes :

1° Par l'Etat;

2° Par une Compagnie à qui l'Etat a fourni une portion de son capital, ou pris à sa charge une partie de sa dette hypothécaire, en retenant un intérêt dans les produits de la ligne et se réservant un certain pouvoir d'intervention;

3° Par une Compagnie à qui des terres ont été données sans autres conditions;

4° Par une Compagnie non subventionnée, et par conséquent complétement libre.

1° Les chemins établis par l'Etat ne semblent pas avoir réussi, et ils ont été généralement concédés à des Compagnies privées.

Dans la Pensylvanie, la ligne de Philadelphie à Harrisburg appartient à l'Etat, qui entretient la ligne et fournit les machines. Les voitures à voyageurs sont fournies par tous ceux qui veulent les placer sur la voie, en payant un certain droit et s'astreignant à certains règlements; mais ce mode d'administration est très défectueux, et il est actuellement question de céder l'exploitation de cette ligne au Central pensylvanien.

2° Les Etats et les municipalités ont, dans certains cas, aidé les Compagnies. Dans la plupart des cas, ils se sont alors réservé le droit de nommer des directeurs en proportion des sommes fournies. Mais ces directeurs, étant élus pour un court espace de temps par le suffrage universel, se préoccupent plus des intérêts locaux qu'ils représentent que de la bonne direction de la ligne. C'est donc évidemment un faux principe qui met en présence deux éléments opposés.

Il est évident, en effet, que lorsqu'un Etat avance de l'argent à une Compagnie, il a le droit de s'assurer que cet argent est convenablement appliqué au travail, de réclamer la publicité des comptes, de fixer des tarifs; mais qu'il doit lui laisser toute liberté, en dehors de ces conditions, pour la conduite commerciale de l'entreprise.

3° Le mode par lequel l'Etat provoque la construction d'un chemin de fer, par des concessions de terre, est un de ceux qui méritent le plus d'attention, comme étant spécialement applicable à toutes les colonies d'une grande nation.

Ce système a été couronné, dans les états de l'Ouest, d'un remarquable succès. Les terres de ces états, dont la fertilité ne peut être mise à profit sans la construction d'un chemin de fer, sont partagées en lots d'un mille quarré chacun. La Compagnie à qui des terres sont concédées a le droit de choisir, en outre du terrain nécessaire à l'établissement de sa voie, un certain nombre de ces lots alternativement et de chaque côté de la voie. Si quelques-uns de ces lots ont été achetés par des particuliers, elle en choisit d'autres.

Ce système donne aux capitalistes une sécurité pour leurs capi-

taux; de plus, il intéresse directement la Compagnie à faire valoir les mérites de la contrée et à en favoriser le peuplement, en offrant des avantages au public. La valeur des lots dont l'Etat conserve la propriété est en même temps accrue.

L'Etat, en concédant des terres, se réserve généralement un prélèvement sur les recettes brutes de la Compagnie. Pour le Central Illinois, le prélèvement est de 7 0/0.

Comme ce chemin de fer est un frappant exemple des avantages présentés par cette méthode, il est intéressant de donner quelques détails sur la manière dont il a été constitué.

La Compagnie était formée dans le but de construire un chemin de fer qui devait relier Cairo, au confluent de l'Ohio et du Mississipi, à Dubuque sur le Mississipi, avec un embranchement sur Chicago.

Cette ligne traverse presque sur tout son parcours les prairies presque désertes. Le 20 septembre 1850, le Congrès accorda à l'état de l'Illinois 2,595,000 acres de terres pour aider à la construction du chemin de fer. Les terres vacantes, partagées en portions alternatives dans l'espace de 6 milles de chaque côté de la voie, furent concédées directement, et, au lieu des lots appartenant à des particuliers, la Compagnie avait le droit d'en choisir d'autres dans l'espace de 6 à 15 milles de chaque côté de la voie. La Compagnie fut homologuée par la législature de l'état de l'Illinois, et les concessions lui furent conférées en 1851. Le capital social était de 17 millions de dollars, sur lesquels 25 0/0 seulement furent versés. Le surplus du capital nécessaire fut constitué au moyen de bons hypothécaires pour une somme de 20 millions de dollars, garantis par 2,345,000 acres, 250,000 acres ayant été réservés pour le service des intérêts.

Le prix ordinaire des terres nouvelles dans les États-Unis est de 1 dollar par acre. La Compagnie a vendu ces terres à des prix variant entre 5 et 25 dollars par acre, payés en trois annuités portant 3 0/0 d'intérêt. Lorsque la dernière annuité a été payée, des commissaires, nommés à cet effet par l'Etat, donnèrent des titres aux proprié-

taires de la terre, contre la production, par la Compagnie, d'un nombre de bons hypothécaires représentant une valeur égale au prix de la terre achetée.

Lors de l'ouverture de cette ligne, le pays était à peu près désert; les stations étaient éloignées de 8 à 10 milles. Aujourd'hui des villages et même des villes les entourent; le sol est partout cultivé et couvert de troupeaux, et les prélèvements de l'Etat sur les recettes brutes de la Compagnie forment la plus grande partie de l'impôt.

Un grand nombre de chemins de fer ont été construits sans l'aide du Gouvernement.

Dans beaucoup d'Etats, des lois ont été rendues autorisant des Compagnies à établir des chemins de fer dont le tracé devait être approuvé par le Comité des chemins de fer ou quelque autre autorité exécutive, après toutefois une enquête convenable *de commodo et incommodo*. De larges pouvoirs sont laissés aux commissaires du Comité relativement aux passages des rues à niveau, des rivières, etc.; mais les Compagnies préfèrent généralement des chartes spéciales, qui confèrent de plus grands priviléges.

Un chemin de fer projeté est quelquefois rejeté par des motifs d'inconvénients généraux; mais il paraît que des oppositions particulières sont inconnues et ne seraient pas admises.

Par leur charte, les Compagnies reçoivent le droit de prendre tout le terrain nécessaire, avec une indemnité dont le mode d'évaluation varie avec les différents Etats. Tantôt c'est un jury, tantôt la Cour de la contrée nomme des commissaires à cet effet. Les jugements ne sont jamais sans appel, et les causes peuvent être amenées devant la Cour de l'Etat. Dans l'Ohio, la loi veut que l'avantage probable résultant de l'établissement du chemin, aussi bien que le dommage, soit pris en considération.

Généralement le tarif maximum imposé pour le transport des voyageurs est de 1 1/2 denier par mille.

Les marchandises ne sont par tarifées, et les autres conditions imposées relativement à l'entretien, la rapidité, l'interdiction de

tarifs différentiels ou de faveur, sont fort analogues aux usages européens.

L'Etat se réserve souvent le droit de faire inspecter la ligne. Dans le Connecticut, trois commissaires sont nommés à cet effet pour chaque chemin de fer, et doivent l'inspecter au moins deux fois par an. Dans le cas où des réparations paraissent urgentes pour la sécurité des voyageurs, ils en donnent avis, en indiquant le temps dans lequel ces réparations doivent être faites, à charge par la Compagnie de payer à l'Etat 500 francs par jour de retard.

Dans l'état de New-York, la surveillance des chemins de fer est confiée à un comité de trois commissaires, munis de pouvoirs très étendus et tout à fait analogues à ceux du contrôle en Europe.

Ces pouvoirs s'étendent aux formalités à remplir pour l'ouverture d'un chemin nouveau, à la réception de la voie, du matériel fixe et roulant, etc. Ils confèrent le droit de suspendre l'ouverture du chemin jusqu'à ce que toutes les conditions de sécurité soient dûment remplies.

Les accidents survenus dans l'exploitation doivent être immédiatement portés à leur connaissance. Ils ouvrent alors une enquête sur les causes de ces accidents; ils indiquent les précautions à prendre pour en éviter le retour, et toute contravention de la part des Compagnies est portée devant la législature. Chaque année ils publient également un rapport sur la situation financière des Compagnies et doivent signaler les lacunes ou les inconvénients de la législation des chemins de fer.

Ce département se trouve donc armé de pouvoirs bien plus étendus qu'en France ou en Angleterre, puisqu'il a même le droit de s'immiscer dans la situation financière des Compagnies et de publier le résultat de ses recherches.

CONSTRUCTION.

Construction de la ligne.

Le caractère des chemins de fer américains, si différent des nôtres dans ses traits principaux, est le résultat des besoins auxquels ils devaient répondre. Il fallait un moyen de communication qui pût être économiquement et rapidement établi à travers des forêts et des districts incultes. Un chemin de fer était l'instrument le mieux approprié à ces besoins, et il devait offrir un meilleur mode de communication avec une dépense d'entretien moindre qu'une route ordinaire.

La première mise de fonds étant d'une plus grande importance que les dépenses postérieures à l'ouverture de la ligne, des courbes de petit rayon et de fortes rampes furent adoptées sans hésitation. Le chemin de Baltimore et Ohio en donne un frappant exemple. Afin d'éviter pour quelque temps un tunnel coûteux, qui a été exécuté depuis, la ligne franchit une colline par une série de zigzags en rampe de 1 sur 18. Chaque zigzag est terminé par un court espace de niveau ; le train se range sur cet espace et est ensuite poussé en arrière sur le zigzag suivant ; le poids qu'on peut monter ainsi est, par conséquent, très faible. Il y a sur le chemin des courbes de 360 pieds, et celles de 400 sont communes. Il traverse les rues de Baltimore ; la traction y est faite par des chevaux.

Le bois seul est presque exclusivement employé dans la construction des ponts et des charpentes ; quelquefois aussi des systèmes mixtes de bois et fer. Ils témoignent souvent d'une grande habileté dans l'art de l'ingénieur. Le plus grand pont exécuté en Amérique est celui du Niagara, qui a 800 pieds d'ouverture. Sur beaucoup de lignes les ponts en bois détruits sont remplacés par des ponts métalliques.

Le ballastage est généralement très incomplet au début. Dans les lignes des prairies, il est presque impossible de se procurer le ballast. Le sol est nivelé au milieu de lignes, de manière à couvrir le centre des traverses; il s'abaisse sur les côtés, de manière à en découvrir les extrémités pour laisser écouler les eaux.

Lorsque le temps est beau, ces voies ne sont nullement désagréables; mais, par la pluie ou la gelée, elles deviennent, au contraire, souvent dangereuses.

Dans un climat aussi rigoureux que celui de l'Amérique il faudrait un ballastage de pierres concassées de 2 pieds de profondeur, et même, en outre, un bon drainage.

La largeur de la voie n'est pas la même pour tous les chemins; la plus générale est de 4 pieds 8 pouces 1/2 Le chemin de New-York et Erié a 6 pieds de largeur; ceux du Canada, 5 pieds 3 pouces. Ces variations ont moins d'importance qu'en Angleterre, à cause du moindre trafic commun à plusieurs Compagnies.

Les traverses sont ordinairement en chêne, en cèdre ou en pin, d'environ 6 pouces d'épaisseur sur 8 de largeur, et 7 à 9 pieds de long.

A cause de la taxe de 30 p. 100 qui pèse sur le fer, ce métal a été aussi économisé que possible. Les rails sont très légers; leur poids varie de 50 à 65 livres. Ces rails sont placés sur longrines reposant sur des traverses. Les rails sont chevillés sur les traverses, et le joint est renforcé au moyen de plaques de tôle dont les rebords sont retournés latéralement sur la nervure inférieure du rail; mais le martelage causé par le passage des trains détermine promptement la rupture de ces plaques, et on a proposé différentes dispositions à l'effet de les remplacer.

Sur le chemin de New-York et Erié, dans quelques endroits, on place 11 traverses sous un rail de 18 pieds.

Sur quelques lignes on place sous le joint une selle en fer forgé qui maintient le rail sans l'intermédiaire de coins.

On a essayé le joint ordinaire à éclisses; mais la nécessité d'éco-

nomiser le fer a forcé d'employer des éclisses de dimensions insuffisantes, et ces essais n'ont pas été heureux. Une modification consistant en une pièce de fer d'environ 12 pouces de long, placée à l'intérieur du rail, avec une pièce de chêne de 5 pieds placée à l'extérieur, a été employée avec succès au chemin de Baltimore et Ohio.

Le système d'aiguilles employé en Angleterre est complétement inconnu en Amérique : les rails mobiles y sont exclusivement en usage.

Les signaux aux stations ou au croisement sont généralement très imparfaits.

Les passages à niveau ne sont même presque jamais munis de barrières, si ce n'est aux approches des villes. Elles sont remplacées par un écriteau sur lequel sont écrits ces mots : *Passage à niveau; prenez garde lorsque la cloche de la machine sonne.*

Les chemins de fer sont généralement bordés de clôtures, excepté dans les traversées des villes, où aucune séparation n'existe. Le chemin de fer de Baltimore traverse les rues de cette ville ; les trains sont traînés par des locomotives, et un homme à cheval précède le train en sonnant de la trompette pour faire débarrasser la voie.

Matériel roulant.

La construction imparfaite des chemins de fer impose au matériel roulant des conditions spéciales. Il doit se plier aux inégalités de la voie. On a aussi cherché, autant que possible, à augmenter le poids utile des trains.

Le principe est que la caisse du wagon est portée sur deux trucks à deux essieux chacun, placés à chaque extrémité. La caisse est reliée à ces trucks au moyen d'un axe passant au milieu, son poids reposant sur de petits rouleaux placés de chaque côté. Le châssis du truck est supporté par des ressorts reposant sur les essieux ; l'axe et les rouleaux sont fixés à une croix de Saint-André, reliée elle-même au châssis de truck par des ressorts. La caisse est donc portée au

moyen d'une double suspension. Les ressorts en caoutchouc sont généralement employés, mais ils deviennent souvent durs; aussi emploie-t-on quelquefois les ressorts d'acier avec grand avantage. Tout mouvement transversal qui pourrait résulter du jeu léger laissé à la croix de Saint-André est empêché par des ressorts interposés entre ses extrémités et le châssis.

Les boîtes à graisse sont analogues aux boîtes anglaises, seulement l'huile est employée comme graissage.

Les roues sont en fonte avec bandages coulés en coquille. Elles ont 30 à 36 pouces de diamètre. Lorsqu'elles sont bien fabriquées, elles font 60 à 80 milles, et elles passent pour n'être pas sujettes à casser. Elles pèsent rarement plus de 500 livres et coûtent le moins 3 livres chacune. Ces roues font un très bon service et sont rarement mises au tour. Trois usines ont seules, en Amérique, la réputation de les fabriquer convenablement.

Les voitures sont reliées les unes aux autres au moyen d'une seule barre de traction.

Chaque voiture est munie d'un frein agissant sur toutes les roues et pouvant être manœuvré indifféremment des deux extrémités.

Les caisses des voitures à voyageurs ont de 30 à 61 pieds de long. Cette longueur rend nécessaire de les supporter, soit par une poutre prise dans la paroi du wagon, soit par une poutre en fer placée dessous.

Sur les voies de 4 pieds 8 pouces 1/2, les caisses ont 9 pieds de large, et sur le chemin de New-York et Erié, 10 pieds sur 6 à 7 pieds 1/2 de haut.

Il y a deux classes de voyageurs, l'une spéciale pour les émigrants. Au centre de chaque voiture est une porte conduisant à une petite plate-forme de 2 pieds 1/2 de large, d'où on descend par un escalier sur le sol; elle est entourée d'un garde-corps avec une porte qui fait communiquer tous les wagons d'un train.

L'intérieur des caisses forme une large salle, avec un passage au milieu, de 1 pied 9 pouces à 2 pieds de large, de chaque côté duquel

sont disposés les siéges. Ces siéges sont disposés pour deux voyageurs chacun; ils ont 3 pieds 3 pouces à 3 pieds 6 pouces de long, 1 pied 6 pouces de large.

Le dossier peut se retourner, de manière qu'on peut s'asseoir dans les deux sens. En hiver, les caisses sont chauffées au moyen d'un courant d'air qui traverse une étuve placée au centre.

Ces wagons contiennent un salon pour les dames, avec tous les accessoires.

Dans quelques chemins de long parcours, comme par exemple le Central Illinois, les siéges peuvent se disposer en sophas.

La poussière causée par la nature friable du sol est un des plus grands inconvénients des voyages aux Etats-Unis pendant l'été. Plusieurs moyens ont été proposés pour l'éviter.

Sur le Central Michigan, un écran de toile est placé sous la poutre inférieure du châssis des voitures et pend en dehors des roues jusqu'à 2 pouces environ du rail; l'écran est terminé par un châssis derrière le wagon, sur lequel vient se réunir un écran semblable du wagon suivant, en sorte qu'on forme ainsi sous les voitures une espèce de tunnel en toile. Mais ce procédé passe pour déterminer l'échauffement des essieux.

Sur le New-York et Erié, un tuyau, débouchant en haut du wagon dans le sens de la marche, reçoit de l'air qui vient se purifier dans un réservoir d'eau placé sous la caisse. Une pompe mise en mouvement par l'essieu chasse l'eau en filets minces dans ce réservoir. L'air est ainsi débarrassé de sa poussière. En hiver, cette eau est chauffée. L'air s'introduit alors dans la caisse par la partie inférieure; les fenêtres sont fermées.

Un wagon à bagage ou un wagon à voyageur, avec un compartiment réservé à cet effet, est toujours placé derrière la machine.

Chaque wagon est pourvu d'un frein pouvant agir à la fois sur toutes les roues. Il se manœuvre à l'extrémité du wagon, de manière qu'un homme peut serrer à la fois les freins de deux voitures.

Dans chaque train, une communication très simple et très effi-

cace est établie entre le conducteur et le mécanicien au moyen d'une corde. Dans ces trains de voyageurs, chaque wagon a une communication semblable. Cette corde est attachée à une sonnette sur la machine.

En déterminant leur matériel roulant, les Américains semblent être partis plutôt de l'idée d'un vaisseau que d'une voiture ordinaire, et avoir adopté les dispositions les mieux calculées pour transporter de gros poids avec la moindre dépense première, ainsi que celles qui dispensent le plus de surveillance ou d'aide vis-à-vis des voyageurs.

Quoiqu'il n'y ait absolument qu'une classe, toutes les dispositions sont prises pour la commodité des voyageurs. Les voitures sont supérieures aux secondes classes d'Angleterre, bien que le prix du transport soit moindre.

Il est certain que les wagons américains ne peuvent contenir autant de voyageurs que s'ils étaient disposés en compartiments; mais la position des portes aux extrémités est plus économique, plus simple pour l'exploitation. L'absence de compartiments facilite l'éclairage, le chauffage et les ventilations, et c'est un grand avantage pour les voyageurs, dans un long parcours, que de pouvoir changer de place.

La disposition des trucks permet aux wagons de passer plus facilement les courbes, et l'usage des doubles suspensions rend leur mouvement très doux sur une bonne voie. Il est certain que ces wagons parcourent sans accident de mauvaises voies, avec des vitesses auxquelles les nôtres dérailleraient infailliblement.

Ces wagons seraient peut-être convenables en Angleterre pour les 2e et 3e classes.

Un grand avantage des wagons américains est de transporter un plus grand nombre de voyageurs que les wagons anglais, par rapport au poids mort.

Sur le Baltimore et Ohio, à cause des courbes de petit rayon, les wagons n'ont que 40 pieds de long; ils contiennent 60 personnes et

ne pèsent que 7 tonnes. Sur les chemins anglais, le même nombre de voyageurs de 2e classe représenterait un poids mort de 10 tonnes.

Les wagons de New-York et Erié ont 60 pieds de long et peuvent contenir 80 personnes.

Les wagons à marchandises de Baltimore et Ohio ont 28 pieds de long et pèsent 6 tonnes pour une capacité de 9 tonnes. En Angleterre, les wagons ne pèsent guère moins que le poids de la marchandise.

Machines.

Les machines américaines sont construites pour remplir les mêmes conditions que celles qui sont imposées aux wagons par les irrégularités de la voie. Le poids repose autant que possible sur trois points. La boîte à feu est supportée par les deux roues motrices, et l'extrémité de la boîte à fumée par un axe reposant sur un petit truck. Les roues motrices sont au nombre de quatre, couplées, et d'un diamètre de 5 pieds à 5 pieds 6 pouces.

La paire de roues motrices extrêmes est munie de boudins; celles du milieu n'en ont généralement pas.

Pour les machines à grande vitesse, le diamètre des roues est porté à 6 pieds, mais elles sont toujours couplées.

Pour monter les rampes, on se sert de machines à 8 roues couplées; ces roues sont cylindriques, et leur diamètre est d'environ 3 pieds 6 pouces. Quelques-unes de ces machines pèsent 30 tonnes. Le mécanicien est placé sur la chaudière.

Dans les machines ordinaires, le truck est fait aussi léger que possible; ses roues ont généralement 2 pieds 6 pouces à 2 pieds 9 pouces de diamètre. Elles sont en fonte comme celles des wagons. Les roues motrices ont généralement le moyeu en fonte, avec des bras en fer; quelquefois elles sont tout en fonte.

Dans beaucoup de machines, le corps cylindrique de la chaudière, au lieu de venir buter contre la boîte à feu, est relié avec elle par

l'intermédiaire de plaques inclinées, de manière à éviter les angles droits.

Quoique les mines de charbon occupent aux Etats-Unis un espace considérable, le combustible exclusivement employé jusque dans ces derniers temps était le bois. Mais le prix de ce combustible s'est beaucoup élevé, et dans les prairies il fait complétement défaut, tandis que le charbon est à proximité des lignes. L'usage de la houille tend donc à se répandre de plus en plus, et probablement aura, dans quelque temps, complétement remplacé le bois.

Plusieurs essais ont été faits pour brûler, dans les machines, des houilles grasses sans les transformer en coke. Dans l'un, le combustible frais est introduit sur la grille, sous le combustible incandescent; dans l'autre, la boîte à feu est divisée en deux compartiments, avec deux grilles chargées alternativement, de manière que la fumée arrive aux tubes après avoir traversé le foyer sur lequel la houille est déjà tout à fait incandescente. Des résultats d'économie extraordinaire paraissent avoir été atteints par ce procédé sur des machines nouvelles du London and South-Western railway, construites par M. Beatie.

L'anthracite est employée sur les chemins pensylvaniens; une disposition de boîte à feu, proposée par M. Mulholland, a parfaitement réussi. La grille est très grande; les barreaux sont en fonte et espacés de 1/2 pouce. Une rangée de trous d'air, de 4 pouces de long sur 1 pouce 1/2 de large, règne sur le devant de la boîte à feu, juste au niveau des barreaux. Une disposition permet également d'introduire de l'air près la plaque tubulaire. L'anthracite est chargée sur une couche de 9 pouces d'épaisseur. La boîte à feu est en fer, comme toujours en Amérique, et sa paroi intérieure est légèrement inclinée en dedans, pour permettre plus facilement le dégagement de la vapeur.

Les machines sont munies d'un appareil appelé cow-catcher (attrape-bestiaux). Il est composé de barres de fer formant un grillage incliné en coins pour rejeter de côté les objets qui peuvent embarras-

ser la voie. La barre la plus basse est située à 3 pouces du rail. Outre l'usage que son nom indique, cet appareil sert aussi à écarter la neige lorsqu'elle n'est pas trop épaisse.

Les machines sont toujours pourvues d'une cloche du poids de 30 livres.

Le mécanicien est protégé sur la machine par un abri fermé, à la partie antérieure et sur les côtés, au moyen de glaces, et ouvert seulement du côté du tender. Une porte, qui peut rapidement s'ouvrir, livre passage vers l'avant de la machine. Les mécanicien et chauffeur, ainsi protégés, peuvent apporter à l'accomplissement de leurs fonctions une attention plus soutenue que sur les machines européennes.

EXPLOITATION.

Dans une contrée nouvelle, où le trafic n'exige pas plus de un ou deux trains par jour, où les stations sont très éloignées, le voyage prend un temps considérable, et un train ne s'arrête pas à une station, à moins qu'il n'y ait à prendre ou à laisser des voyageurs ou des marchandises.

Dans ces conditions, le service des stations peut être fait par un employé subsidiaire, et il devient plus économique de placer sur le train une personne responsable qui règle les mouvements du train, recueille les marchandises, etc., et de placer dans la station des employés qui lui sont soumis, plutôt que de placer les agents responsables dans les stations et les subordonnés sur les trains, comme en Europe. De là est venu l'usage adopté en Amérique de placer sur le train un *conducteur* qui, comme le capitaine d'un vaisseau, a pleine autorité sur ses mouvements, sur la police des voyageurs, etc. Il a sous ses ordres le mécanicien, les chauffeurs, le préposé aux bagages et un garde-frein par deux voitures.

Dans les trains de marchandises, le conducteur a sous ses ordres trois ou quatre garde-freins.

La plus grande partie des chemins américains est à simple voie, et les complications qui prennent naissance dans leur exploitation tiennent toutes à la difficulté du croisement des trains par suite des inexactitudes. Voici le système adopté : La marche des trains est figurée sur un tableau dont chaque conducteur a une copie. Aussi longtemps que le train ne s'écarte pas de ce tableau tous les autres doivent lui laisser la voie libre.

Si le train s'en écarte, celui qui doit le rencontrer, après avoir attendu un temps déterminé, un quart d'heure, une demi-heure ou une heure, suivant les lignes, continue son chemin, sans s'embarrasser des autres, qui doivent alors lui laisser la voie libre. Alors les deux trains s'avancent lentement, jusqu'à ce qu'ils se soient rencontrés, et celui qui est le plus près d'une station recule pour laisser passer l'autre.

On voit facilement qu'un pareil système implique pour les conducteurs des combinaisons dont ils possèdent à peine les éléments, et lorsque le trafic est considérable, l'inexactitude d'un seul train désorganise le trafic entier.

Il est extraordinaire que les Américains fassent aussi peu usage du télégraphe électrique, si utile dans une semblable exploitation. Il n'est employé que sur peu de lignes, d'après deux systèmes.

Dans le premier, un appareil est placé à chaque station. Lorsqu'un train arrive à une station, son numéro et l'heure sont envoyés par le même fil à toutes les autres stations, où ces renseignements sont enregistrés.

Le conducteur consulte alors avec soin ces renseignements, et si un train qu'il doit rencontrer est en retard, il convient avec le conducteur de ce train d'un autre point de rencontre. C'est le système employé par les chemins de fer canadiens.

Le second transfère la responsabilité et le droit de modifier la marche des trains à un agent unique informé constamment par le télégraphe du mouvement général de la ligne, et prenant ses dispositions en conséquence. Avant de modifier la marche d'un train,

il s'assure, par le renvoi de son ordre, qu'il a été bien compris.

Le télégraphe est également employé pour connaître, chaque jour, à toutes les stations, le nombre et la nature des wagons qu'elles possèdent, et régler par suite le mouvement du matériel.

Sur le chemin de fer de New-York et Erié, M. Mac Callum, directeur, a introduit un système très complet d'exploitation dont les résultats ont été remarquables.

Il est fondé sur la responsabilité directe, dans chaque partie du service, de chaque employé de tout grade, et surtout sur la centralisation, dans les mains du directeur, de tous les éléments du trafic, y compris le mouvement des machines et wagons, dont il doit tirer le plus grand parti possible. Un système de contrôle et de statistique, parfaitement organisé, rend compte, jour par jour, du mouvement du matériel, de la marche des trains et des causes de retard qui peuvent s'être produites, de manière qu'il soit facile d'y porter un remède immédiat.

La vitesse des trains américains des chemins de l'Est n'est pas très différente de celle des trains anglais; mais le nombre des trains de voyageurs est beaucoup plus limité. Dans les états de l'Ouest, la vitesse moyenne est de 20 à 24 milles par heure.

Le service des bagages est à peu près semblable à celui des chemins européens; mais la distribution des billets pour les voyageurs est excessivement défectueuse. Les conducteurs les délivrent et les reprennent sans aucun contrôle, ce qui est la source de grandes fraudes. Le grand Trunck rail-way du Canada a adopté le système anglais.

REMARQUES GÉNÉRALES.

Les chemins de fer américains se distinguent par deux caractères principaux :

Le premier, c'est que le public est absolument laissé à lui-même pour pourvoir à sa sûreté dans les trains, les stations, les passages à

niveau, sans autre avertissement qu'un écriteau ou la cloche de la machine.

2° Que les dispositions pour le bien-être des voyageurs sont les mêmes pour toutes les classes, avec un prix de transport modique, ce qui accroît la tendance à voyager.

Lorsque les chemins de fer furent construits en Angleterre, ils étaient à peine considérés comme un moyen de transport pour les basses classes.

En Amérique, au contraire, le principal était d'assurer la communication. La vitesse était moins importante. Toute économie était à faire sur le premier prix d'établissement, puisqu'elle pouvait servir à accroître la ligne. Peu importait ensuite que l'entretien fût un peu plus onéreux.

C'est avec les produits de la ligne, en grande partie, qu'on exécutera les travaux complémentaires qu'exigera le développement du trafic, tels que stations nouvelles, doubles voies, embranchements, chemins de jonction, etc.

Le système général d'organisation des chemins est également digne d'attention.

Un chemin de fer est dirigé par un président largement payé et investi de toute l'autorité exécutive. Un conseil de directeurs sans appointements, et choisi généralement parmi des hommes très versés dans les affaires, remplit les fonctions d'un conseil de surveillance. Les actionnaires ont le droit d'élire, chaque année, le président et les directeurs, et conservent ainsi un contrôle direct sur leurs affaires. Sous le rapport de la construction, plusieurs points sont également à remarquer.

L'usage des voies ferrées sur les routes et dans les villes pour la distribution et le transport des marchandises est d'une grande utilité et doit être imité, bien loin d'être entravé comme il l'est actuellement en Angleterre.

Le mode de franchir des collines au moyen de zigzags peut être, dans certains cas, très économique.

Le principe de construction des machines et des voitures, qui consiste à les faire reposer sur deux trucks indépendants, mérite attention. Le petit diamètre des roues augmente un peu le frottement; mais elles sont sûres, et les doubles ressorts rendent le mouvement très doux. Cette disposition permet d'employer de longues caisses, de diminuer le poids mort, et de donner aux voyageurs de grands avantages d'agrément et de commodité.

L'établissement de moyens de communication entre les différents employés du train et l'usage d'un frein à chaque voiture seraient adoptés avec grand avantage.

L'abri accordé aux mécaniciens et chauffeurs contre les intempéries de l'air assure une meilleure et plus constante surveillance, en la rendant moins pénible.

Les dispositions législatives prises dans le but de défendre l'intérêt public qui méritent le plus d'être remarquées sont que les Compagnies doivent conserver leurs lignes en état et ouvertes à l'usage du public, avec des conditions de confortable suffisantes; que le transport des marchandises doit être fait sans partialité ni faveur, avec toute la diligence possible; que la Compagnie ne peut, dans aucun cas, jouer le rôle de commissionnaire, de banquier ou de négociant, et que dans quelques Etats il existe une commission du Gouvernement qui a le pouvoir d'ouvrir des enquêtes sur les causes des accidents, d'interroger des témoins sous serment, et de réclamer communication des livres et documents de toute nature pour les livrer à la publicité.

Mais c'est surtout par rapport à l'établissement des chemins de fer dans nos colonies que l'étude des chemins américains est intéressant. Voici les déductions qu'on en peut tirer :

Un chemin de fer est le meilleur mode de communication principale dans un pays nouveau.

Le capital employé doit être le moindre possible, et on ne doit pas perdre de vue qu'il est plus important d'accroître la longueur de la ligne et de féconder le pays que de faire des sacrifices dans

le but de créer des ouvrages durables et d'obtenir de grandes vitesses.

Les chemins construits par l'Etat en Amérique n'ont pas réussi.

Le système d'encouragements donnés aux Compagnies par les concessions de terre a été couronné de succès. Il a favorisé l'immigration et le développement des ressources du pays. Il a profité directement à l'Etat par l'accroissement de valeur donné aux terres qu'il avait retenues et par le prélèvement de 7 p. 100 sur les recettes brutes de la ligne. Mais ce système n'a pu nécessairement réussir que dans les parties où la terre était de bonne qualité et le climat favorable.

MÉMOIRE N° I

Sur l'explosion d'un calorifère à eau chaude et sur l'installation, en général, des Calorifères-ventilateurs dans les grands édifices publics, églises, etc.

PAR

M. JULES GAUDRY.

Au mois de janvier 1858, l'un des calorifères à eau chaude qui fonctionnaient depuis trois ans, à la satisfaction publique, dans une des églises de Paris, a fait explosion. On sait à quel point le public s'est ému de ce sinistre et à combien d'hypothèses il a donné lieu. Appelé à l'étudier dans ses circonstances et ses causes, j'ai acquis la conviction qu'il s'expliquait par des vices de construction imputables surtout à des négligences d'ouvriers, et étrangers au système même de l'appareil, qui, dans sa généralité, a paru à tous exécuté avec conscience et loyauté. Je n'aurais donc pas cru devoir en entretenir la Société des ingénieurs, ni raviver un souvenir pénible, si l'importance des calorifères d'églises et autres établissements publics, leur avenir, leurs difficultés d'installation et les services nouveaux qu'on pourrait en attendre n'avaient fait juger à diverses personnes que ce sujet était digne au plus haut titre de l'intérêt et des études des ingénieurs.

Ce n'est pas la première fois que notre Société l'aborde, et des discussions auxquelles elle s'est livrée il y a quelques années sont sortis des principes qu'on a recueillis et qui sont devenus élémentaires dans l'industrie du chauffage des grands vaisseaux.

Je dirai peu de chose du calorifère de Saint-Sulpice et de son explosion, pour en venir de suite à la question générale ; mais tant de versions ont été publiées, qu'il est impossible de ne pas préciser les faits.

Comme plusieurs édifices consacrés au culte en France et à l'étranger, l'église Saint-Sulpice a été pourvue d'un appareil de chauffage, qui a la particularité d'être double, c'est-à-dire composé d'un grand et d'un petit calorifère entièrement distincts : le grand calorifère chauffe les nefs et sert principalement à donner, au début de la saison froide, ce premier coup de feu propre à échauffer une fois pour toutes la masse de maçonnerie qui a été recommandée lors de nos anciennes discussions et dont l'importance, au point de vue économique et de la régularité de marche, se prouve tous les jours. Le petit calorifère, principalement affecté au chauffage du fond de l'église, suffit aussi, quand il fait moins froid, pour entretenir une chaleur suffisante dans tout le vaisseau. C'est celui qui fonctionne le plus souvent et où l'accident s'est produit.

N'expliquant du système des appareils que ce qui est nécessaire pour comprendre ce qui suit, nous nous bornerons à dire que, dans chacun des deux calorifères de Saint-Sulpice (appartenant au type dit *à circulation d'eau chaude*), il y a une chaudière verticale à foyer intérieur et à lame d'eau entre deux parois concentriques de tôle. Elle est installée dans les caveaux de l'église ; un conduit part du haut de cette chaudière et revient par le bas, après avoir circulé dans l'église à travers des galeries de maçonnerie, y chauffant l'air amené du dehors. Cet air chaud se répand ensuite dans le vaisseau par des bouches percées dans le sol de distance en distance. Entre la chaudière et les conduits, il existe ainsi une circulation continue d'eau bouillante, et, pour que l'appareil se maintienne plein, on a installé un réservoir alimentaire élevé, et dominé lui-même par une soupape de sûreté chargée de façon que la pression intérieure ne dépasse pas 2 atmosphères.

Le petit calorifère avait en outre cette particularité, qu'indépen-

damment des conduits souterrains et des bouches percées dans le sol, il chauffait deux poêles installés l'un vis-à-vis de l'autre, à l'entrée de la chapelle de la sainte Vierge qui occupe l'abside. Ces poêles servaient de piédestaux à des statues d'anges, et n'étaient eux-mêmes que de simples caisses rectangulaires renversées, pleines d'eau bouillante comme les conduits souterrains, et formées de quatre panneaux plats en fonte, dont les principaux ont près de 1 mètre de surface. Ces poêles ont été supprimés. C'est l'un d'eux (celui de gauche en regardant l'autel) qui a crevé avec une violente détonation.

La paroi d'avant seule a cédé, laissant une trouée d'environ 1/2 mètre carré d'où a jailli l'eau bouillante. La fonte, divisée en trois morceaux, a d'abord pulvérisé une petite chaire à prêcher voisine, dont les éclats, unis à ceux de la fonte, ont mitraillé les assistants dans un rayon de 10 à 12 mètres et une hauteur de 4 mètres au-dessus du sol. Si l'accident eût eu lieu le lendemain à la même heure, où l'affluence était attirée par une grande cérémonie, le désastre eût sans doute été très meurtrier ; heureusement il y avait alors peu de monde, et le nombre constaté des victimes a été quatre tués et sept blessés. Les dégâts matériels ont été insignifiants, et le seul fait à signaler est le déplacement de la statue située sur le piédestal vis-à-vis de celui qui a crevé. Cette statue a simplement glissé sur elle-même latéralement de quelques centimètres, sans se renverser, offrant à la base la trace de quelques projectiles.

Cette projection au pied de la statue est-elle la cause de son déplacement, ou est-ce, comme on l'a dit et écrit, le résultat de la commotion de l'air ébranlé? C'est un fait qu'il importe peu de rechercher.

Quant aux causes de l'accident, l'inspection du poêle crevé les a révélées de suite. On a déjà compris combien des panneaux de fonte de près de 1 mètre carré sur 20 millimètres d'épaisseur étaient par eux-mêmes peu propres à résister à 2 atmosphères de pression intérieure. Or, un seul tirant les entretoisait ; c'est ce tirant qui a cédé en un point où la soudure était évidemment mal faite. C'est d'ailleurs bien

au point d'attache du tirant que s'opère la jonction des trois fragments de fonte projetés. On a parlé d'obstruction dans les conduits, résultant de la gelée, disent les uns; du tartre, disent les autres; l'enquête n'en a dénoté aucun : tout a paru en état normal.

Si on objecte que le vice du tirant eût dû causer l'accident dès le début de la première campagne et non au milieu du troisième hiver, je répondrai, entre autres exemples de faits analogues, par celui d'une bielle de locomotive qui, après *un long travail*, a rompu en un point où la section cassée fut reconnue entièrement noire avec un simple et mince encadrement de métal vif arraché, tant la soudure avait été superficielle. Quel chef d'atelier de chaudronnerie n'a vu des parois de chaudière réduites à une faiblesse d'épaisseur effrayante, et résistant cependant à des pressions considérables? Par un fait analogue, le tirant, mal soudé, du calorifère de Saint-Sulpice a d'abord tenu bon, mais s'est fatigué ensuite peu à peu par les petites vibrations, *isolément insignifiantes*, qui se produisent dans tout appareil où la pression, en variant elle-même, fait varier aussi la tension des ressorts moléculaires du métal.

Outre le vice de soudure du tirant, une autre négligence d'ouvrier a concouru à causer le désastre : à 90 centimètres du sol, les panneaux en fonte des poêles avaient un ressaut rentrant de 2 centimètres qu'on avait ménagé pour former un plinthe se raccordant avec le plinthe qui règne autour de la chapelle. Ce ressaut a formé un rebord qui a gêné le retrait de la fonte dans le moule; ce qui est visible, en inspectant la cassure, laquelle, sur une longueur de 18 centimètres à l'angle du ressaut, offre des creux et fentes longitudinales; le grain y est gros et espacé, tandis que partout ailleurs il est fin et de magnifique apparence. Et ce qui est déplorable, c'est qu'à l'insu de l'ingénieur on a maté les fentes pour dissimuler le défaut. Qui l'a fait? On l'ignore; mais on ne saurait trop relever de pareilles fautes, afin que la surveillance des chefs d'ateliers ne s'endorme pas, car de pareils vices de construction, inaperçus, sont souvent, sans doute, la cause ignorée de graves accidents.

Aussi ne peut-on s'empêcher de remarquer que, si le principe légal de la responsabilité civile de l'entrepreneur est juste en lui-même, l'extension *sans limites* qu'on lui donne est une menace perpétuelle contre l'industrie, qui n'atteint pas son but, puisqu'elle laisse l'impunité au vrai coupable, c'est-à-dire à l'ouvrier sans conscience dont, en pratique, il est souvent impossible au plus clairvoyant de constater les erreurs.

Je n'insiste pas davantage sur l'accident de Saint-Sulpice, et, abordant la question même de l'établissement des calorifères dans les grands édifices, je ferai remarquer que, par l'étendue du vaisseau et la masse de maçonnerie, ils présentent, au point de vue du chauffage et de la ventilation, sa compagne obligée, des difficultés qui souvent paraissent défier toute entreprise. Nulle part, ces difficultés ne s'accumulent autant que dans les grandes églises du culte catholique; par sa destination même, l'église catholique a de très vastes dimensions : ses voûtes s'élèvent à 30 mètres et plus; les murailles soutirent incessamment l'humidité du sol où l'édifice est directement assis; les piliers et arceaux y forment un amas de maçonnerie absorbant une quantité de chaleur qu'on ose à peine évaluer; les fenêtres et portes mal jointives y abondent et croisent en tous sens leur courant d'air froid; les chapelles forment autour des nefs une multitude d'enfoncements parfois obscurs et humides; enfin, si dans les heures où l'église est vide, l'administration locale répugne à faire les frais d'un chauffage dont personne ne profite et qu'il faut cependant ne pas interrompre, dès que le public afflue il faut jeter le feu et fermer les bouches, parce que l'air chaud qui s'en échappe est incommode pour les personnes voisines, au point de causer parfois de graves accidents de santé. Or, c'est encore un point admis par nos anciennes discussions, que ces intermittences dans les fonctions d'un calorifère sont très contraires à sa marche économique.

J'ai dit les difficultés du problème et j'ai, par là même, exposé pourquoi on ne trouve encore le chauffage établi que dans un petit

nombre d'églises riches et offrant d'ailleurs, en général, des conditions favorables ; quant aux grandes églises du premier ordre, telles que les basiliques, on ne paraît pas même avoir songé à les chauffer.

Quelque difficile que soit la solution de ce problème, elle est cependant urgente : le chauffage des édifices publics n'intéresse pas seulement l'hygiène et le bien-être, il se rattache à des intérêts artistiques du premier ordre qu'on ne rencontre nulle part peut-être autant que dans les églises catholiques. Les tendances de notre époque sont, en effet, d'y rappeler les arts sous toutes leurs formes : on y rétablit à grands frais les belles lignes tracées par les architectes du moyen âge ; on y refait les peintures murales qui ont disparu, comme elles disparaîtront encore sous nos climats, tant qu'on n'y limitera pas les écarts atmosphériques par les moyens que l'industrie moderne fournit dans le chauffage et la ventilation.

Les peintures sur toile et sur bois ne sont pas mieux épargnées, à ce point que les deux chefs-d'œuvre de Rubens et de Van-Dyck sont à peu près perdus pour les arts comme pour la Belgique. Quant aux bronzes, tapisseries et soieries, les mêmes influences atmosphériques les font enfermer les dix-neuf vingtièmes de l'année.

Dans les palais et musées, le chauffage et la ventilation ne sont pas moins vivement appelés au secours de l'art ; bien qu'on y fasse *du feu*, et qu'on n'y souffre pas du froid, la preuve que le problème est loin d'être résolu, c'est que la chaleur et l'infection de l'air y deviennent suffocantes dès que le public afflue, et que les dégradations d'œuvres d'art constatées chaque année sont désolantes.

D'où il suit que lorsqu'on invite l'ingénieur à trouver dans la science de nouveaux moyens de chauffage et d'aérage, on l'appelle à aider à la renaissance artistique de notre époque et à conserver des merveilles qui menacent de disparaître, outre qu'il y a en jeu une question d'hygiène où des milliers de personnes sont souvent intéressées à la fois.

Le problème que nous posons embrasse une série de conditions de

réussite dont nous voulons du moins énoncer les principales, parce qu'elles sont quelquefois la critique de ce qui se fait actuellement dans l'établissement des calorifères.

Il en existe d'assez nombreux systèmes, où l'air est chauffé soit directement par le feu, soit par la vapeur où l'eau bouillante à haute, basse ou moyenne pression. Leur marche courante et leurs résultats économiques n'ont pas été assez comparés pour que je puisse les discuter, et lorsque je dis que, sur une trentaine d'églises actuellement chauffées à Paris, le plus petit nombre l'est à l'eau ou à la vapeur et toutes les autres à l'air, je ne veux que constater un simple fait. Mais ce qui est évident, c'est que le calorifère des monuments publics, et surtout celui des églises, doit être absolument sans danger d'explosion ou d'incendie. Une manufacture peut, pour des nécessités industrielles, contenir des appareils plus ou moins menaçants. La vie des hommes qui y travaillent est précieuse sans doute, mais ce sont, en définitive, des soldats de l'industrie qui se dévouent, comme à l'armée, à toutes les conséquences d'un service public et à tous les dangers d'une mission utile à la société.

Non-seulement celui qui prie à l'église, visite un musée ou hante un palais, n'a aucun risque analogue *inhérent* à son action; mais le but essentiellement conservateur du calorifère installé exige que la sécurité soit absolue et radicale; et cela d'autant plus, qu'il n'est pas toujours confié à un conducteur d'une aptitude assurée, et que le contrôle de l'administration locale est souvent illusoire.

L'absence de fumée, d'émanation de vapeur, d'humidité, ne sont pas des conditions moins capitales à remplir que la sécurité.

Également dans ce même intérêt de sécurité, aussi bien que pour cet entretien de chaque jour qui assure la durée indéfinie des appareils mécaniques, je voudrais dans les calorifères plus de facilité pour la visite des galeries souterraines et des tuyaux qu'ils contiennent. Bien souvent on ne peut pénétrer qu'en rampant dans ces galeries, ce qui est pénible et très rarement pratiqué par conséquent; c'est pourquoi je me demande si, malgré d'inévitables in-

comme la condition capitale du chauffage et de la conservation des édifices publics : car, lorsque je cherchais à m'en démontrer la nécessité, j'ai appris que l'un des plus éminents ingénieurs qui se soient occupés du chauffage, M. Thomas, l'avait compris dans deux projets proposés (pour des églises mêmes) avec une étendue de vue bien autrement large que la mienne. Selon M. Thomas, la ventilation par le sol n'intéresserait pas que le chauffage d'hiver; les temps humides de l'automne et du printemps, la fraîcheur qui subsiste à l'intérieur en été, lorsque la chaleur est grande au dehors, ne seraient pas moins nuisibles que les écarts atmosphériques d'hiver à la santé des fidèles et du clergé comme à la conservation de l'édifice, et il n'importe pas moins d'y attirer artificiellement en toute saison l'air extérieur chauffé par le soleil, que l'air chaud du calorifère, lorsque le premier fait défaut.

La cheminée d'appel, cette âme de la ventilation, n'est pas le détail le moins difficile ni le moins intéressant des études de celui qui installe un chauffage de monument public. Ici l'annexation d'une pyramide de briques ou d'un tube de tôle serait un acte de mépris des arts; il faut que la cheminée s'agence et s'harmonise avec l'architecture de l'édifice. Cela est actuellement difficile dans les monuments construits; mais dans ceux qui s'édifient en ce moment de toutes parts en France, il est à désirer qu'on ménage les cheminées d'appel pour les éventualités ultérieures; par exemple, pour les églises, dans le milieu des gros piliers, souvent évidés, qui soutiennent les tours ou clochers.

Il me reste à formuler, avec toute la réserve que demande le sujet, un dernier vœu qui, bien que susceptible de réalisation générale, a cependant pour les églises un caractère particulier d'à-propos. Jusqu'ici, on s'est borné à chauffer l'église proprement dite, en installant sous son pavé, non pas seulement les conduits et galeries, mais les foyers et chaudières qui, quoi qu'on en dise, auront toujours les dangers inhérents aux appareils contenant du feu, de l'eau bouillante et de la pression, dangers augmentés dans l'espèce par

la disposition même du local, ordinairement obscur et peu abordable.

Le chauffage public des églises et leur ventilateur n'auraient-ils pas un nouveau degré de sécurité et d'utilité générale, si on installait les chaudières, foyers et vannes des conduits (avec les soins et la commodité qu'on réunit dans les usines) sur un terrain distinct, mais voisin de l'église (serait-ce même avec la séparation d'une rue, une voûte souterraine établissant la communication)? Sur ce terrain et autour du foyer se grouperaient, pour être chauffés du même coup que l'église, les écoles, salles d'asile, presbytères, maisons de secours et d'assistance, ou autres établissements rattachés à la paroisse, qui sont souvent éparpillés à regret sur son territoire; voire même ces bains à bas prix, lavoirs et chauffoirs publics pour les gens peu aisés, dont les administrations municipales appellent de tous leurs vœux la réalisation pratique.

Dans beaucoup de localités, ce groupement se pourrait encore, et il eût même été possible de l'opérer près de plusieurs églises qui ont reçu récemment l'addition d'un calorifère. En tout cas, il existe aujourd'hui en France un grand nombre d'édifices religieux utiles, à chauffer et à ventiler, qui ont près d'eux un autre monument public pouvant participer au même bienfait. A Paris, Saint-Germain l'Auxerrois a une mairie voisine en construction, Notre-Dame des Victoires est entre une mairie nouvelle et une caserne qui s'achève. La cathédrale de Strasbourg a le collége adossé contre elle; à Rouen, les deux principales basiliques ont l'une les locaux des cours publics, l'autre la bibliothèque, le musée et l'hôtel de ville; à Lyon, c'est le séminaire qui touche la cathédrale : ce furent longtemps les tribunaux; presque partout, c'est le palais épiscopal et les bureaux de l'administration diocésaine qui sont attenants aux grandes basiliques, si précieuses pour les arts, que le chauffage et la ventilation sont appelés à conserver.

Chacun de ces établissements a, ou aura, son calorifère particulier, avec ses dépenses journalières, ses frais généraux, ses pertes d'effet

utile, son directeur, son surveillant, son action de contrôle. Or, bien que dans cet aperçu sommaire d'un projet à peine ébauché, on ne puisse fixer aucun chiffre, les économies résultant de la centralisation de services analogues sont démontrées par tant d'exemples, qu'on ne fait que rester dans les probabilités en disant qu'on dépensera moins, en frais primitifs et quotidiens, avec un seul puissant calorifère qu'avec une multitude de petits appareils isolés.

Ces probabilités d'économie sont d'autant plus rationnelles, que le chauffage d'église est condamné forcément à ces intermittences si contraires à une bonne marche, et qu'en général, c'est principalement à l'heure de ces chômages que le service des bâtiments annexés dans nos hypothèses réclame le chauffage. Ainsi, toute la semaine, l'église est à peu près vide, et il suffit d'y entretenir une douce température par une action modérée du calorifère ; dans la nuit qui précède le dimanche, un fort coup de feu est donné, puis on ferme les bouches pour ne pas incommoder les assistants par les bouffées d'air chaud ; or c'est principalement le dimanche que le musée voisin s'ouvre et qu'il faut lui donner son grand coup de feu ; pendant qu'en semaine les écoles, bureaux de mairie et administration diocésaine réclament à leur tour ce chauffage actif dont l'église a peu besoin. D'où il suit que, par une judicieuse distribution de la chaleur, on pourra faire profiter du même calorifère en action continue un grand nombre d'établissements distincts.

Dès lors, le calorifère d'église est un établissement municipal de première importance ; il n'intéresse pas que l'art, il ne conserve pas qu'un seul monument, il ne sert plus seulement pendant quelques heures par semaine à un public privilégié. Son installation est un bienfait général et de tout moment, dont les classes peu aisées sont les premières à profiter, surtout si au chauffage se joint, selon le projet de MM. Thomas et Laurens, un moyen de ventiler en toute saison. Quant aux parts afférentes dans la dépense à la paroisse et à la municipalité, je ne la crois pas de nature à soulever de bien graves difficultés, après les premiers temps de la pratique.

Ce qui peut être réalisé pour les églises peut l'être pour la plupart des autres monuments publics; c'est pourquoi nous nous en tenons à l'exemple qui vient d'être développé.

En résumé, d'incontestables progrès ont été faits dans l'industrie du chauffage des édifices publics. Celui des églises et grands vaisseaux, bien qu'il commence à se répandre et que des hommes éminents s'y soient appliqués, n'occupe peut-être pas cependant dans les préoccupations des ingénieurs la place qui lui est due par ses difficultés et par son but d'utilité générale. Ses services sont trop bornés; trop d'hésitation reste sur le système à préférer; des détails d'installation réclament souvent le progrès; le retour en bas de l'air chaud, l'érection de cheminées d'appel plus conformes à l'art, la faculté de visiter toutes les parties de l'appareil, sont les points que j'ai dû principalement toucher, après avoir démontré que, sans même penser aux éventualités futures, il y avait dès à présent en jeu dans cette question de chauffage, outre l'intérêt sanitaire, une question d'art de l'ordre le plus élevé.

Note sur une explosion de chaudière à vapeur

PAR

M. Ferdinand MATHIAS.

Le lundi matin 24 novembre 1856, une chaudière établie dans une filature de Lille fit explosion, en occasionnant un incendie qui détruisit entièrement l'établissement. La plus grande partie des pièces composant la chaudière ont été retrouvées et sont représentées (pl. 1re); elles ont été remises en place de manière à bien se rendre compte de leur état comme de leur position avant l'accident, et à tirer de leur forme et de leur nombre toutes les lumières possibles sur les causes qui avaient pu le produire et sur la direction des efforts exercés.

Les chaudières étaient au nombre de trois, disposées comme l'indiquent les fig. 1 et 2. La chaudière X est celle qui a fait explosion; la chaudière E a été renversée et séparée de ses quatre bouilleurs.

La chaudière X a été rompue en plus de 56 morceaux dont le poids est très variable; il y en a de 6k et d'autres de 200k; la moyenne est de 50k environ; ils affectent les formes les plus diverses, ainsi que le représentent les plans; les lignes de rupture existent dans tous les sens, parallèlement aussi bien que perpendiculairement à la direction des fibres de la tôle.

Le métal paraît de bonne qualité, et son épaisseur dépasse 8mm partout, sauf en un seul endroit, où l'épaisseur n'est que de 6mm.5, mais à une faible distance on retrouve 7 à 8mm.

A l'exception de la porte du trou d'homme de la chaudière X, qui a été lancée sur la toiture d'une maison voisine, et d'une portion de calotte trouvée dans une cour, toutes les autres pièces ont été enfouies

sous d'immenses décombres, la presque totalité dans le local des chaudières, et elles ont été profondément altérées par l'incendie; quelques-unes sont couvertes d'écailles d'oxyde, et d'autres ont éprouvé un commencement de fusion. Ces altérations ne s'observent pas sur les parties des bouilleurs qui étaient directement soumises à la flamme, lesquelles sont intactes.

Si l'on cherche à se rendre compte de la cause de cette explosion, on remarque que le grand nombre de morceaux, leur forme, la direction des cassures, montrent évidemment que l'effort qui l'a occasionnée a été subit et considérable. Une seule hypothèse est possible pour expliquer ce phénomène : il faut admettre l'arrivée d'une certaine quantité d'eau dans la chaudière X, vide et surchauffée.

Tous les témoignages recueillis s'accordent avec cette hypothèse.

Voici de quelle manière étaient établies les chaudières :

Celle X et les deux autres E et I, figure 2, fournissaient de la vapeur à deux machines et aux bacs des métiers à filer; l'une des machines était de 16 chevaux, l'autre de 24. Des robinets permettaient de mettre les tuyaux de prise de vapeur en communication.

L'alimentation se faisait au moyen de deux pompes mues par les machines; des tuyaux également munis de robinets, R et T, les faisaient communiquer avec toutes les chaudières, ainsi que l'indiquent les figures 1 et 2.

La machine de 24 chevaux n'alimentait généralement que la chaudière X; cependant elle pouvait aussi alimenter E.

La machine de 16 chevaux pouvait alimenter les 3 chaudières; mais, pendant la marche, on ne s'en servait que rarement pour X, par suite de la disposition même des tuyaux et des chaudières. Il y avait une différence de niveau de $0^{m}.30$ entre E et X (figure 1), et le tuyau d'alimentation de la petite chaudière s'embranchant en D sur la grande, il arrivait que l'alimentation simultanée avec la machine de 16 chevaux déterminait, par un effet de siphon, le transvasement de l'eau de E dans X. Une alimentation successive eût exigé les plus grands soins, car l'oubli de la fermeture d'un robinet, ou même sa

fermeture imparfaite, eût pu produire l'inconvénient que nous venons de signaler.

Il est donc bien démontré que la chaudière X ne pouvait être alimentée presque exclusivement que par la machine de 24 chevaux, et que si un moyen de l'alimenter autrement avait été ménagé, ce n'était que par précaution et pour le cas d'un dérangement de cette machine.

Il est un cas cependant où l'intervention de la machine de 16 chevaux eût été utile : c'est lorsque la chaudière X étant vide, on ne pouvait la remplir avec l'eau des réservoirs. Il suffisait alors de faire communiquer la pompe avec X seulement, en ouvrant le robinet R et fermant T; mais il paraît que cette manœuvre ne se faisait jamais et qu'on préférait, lorsque l'eau du réservoir était insuffisante, ouvrir les robinets R et T, mettant ainsi en communication les deux chaudières X et E par les branches plongeantes des tuyaux d'alimentation. Alors il pouvait arriver deux choses : ou bien, la pression étant la même de part et d'autre, et le tuyau étant plein par l'effet du siphon, l'eau s'écoulait en X jusqu'à ce que les deux niveaux fussent les mêmes; ou bien, si la pression en E était supérieure à celle de X, le transvasement pouvait se continuer jusqu'à ce que X fût complétement rempli.

Le mode d'alimentation étant bien établi, rappelons que l'explosion a eu lieu un lundi matin, peu avant l'entrée des ouvriers. La chaudière E avait été vidée, par pression, le samedi soir, et le dimanche matin, de dix heures à midi, elle fut remplie en partie par le réservoir, en partie par la machine de 16 chevaux.

En l'absence du témoignage du chauffeur, tué par l'explosion, il a été impossible de déterminer d'une manière absolue la manière dont la chaudière s'est vidée et dont l'eau est arrivée dans cette chaudière surchauffée.

Les experts chargés de rechercher la cause de l'accident se sont unanimement arrêtés à l'hypothèse suivante, qui seule explique et relie parfaitement entre eux tous les témoignages et tous les faits.

Dans cette hypothèse, on admet que, le samedi soir, le robinet R aurait été ouvert pour relever le niveau d'eau dans la petite chaudière, au moyen de la grande. A ce moment, la pression étant la même des deux côtés, il a pu y avoir transvasement dans X jusqu'à ce que les deux niveaux fussent devenus les mêmes, et, cette opération terminée, le robinet R a été laissé ouvert par oubli. Dès lors, il devient évident que, lorsque l'eau de la grande chaudière a été évacuée, le jeu du siphon fut renversé, et que l'eau de X passa en E jusqu'à ce que son niveau eût atteint l'extrémité du tuyau de communication, c'est-à-dire lorsque le générateur proprement dit a été vide.

La chaudière X était donc vide le dimanche matin. Peu après, on remplit E avec l'eau des réservoirs et avec la pompe de la machine de 16 chevaux : la communication était toujours établie avec X; mais, comme le siphon n'était pas amorcé, le transvasement ne pouvait avoir lieu; en outre, la chaudière E avait été refroidie par l'arrivée de l'eau des réservoirs, tandis que X contenait encore un peu de vapeur.

En admettant seulement une différence de 10 degrés entre les deux températures, on trouve une différence de tension représentée par une colonne d'eau de $0^m.31$. L'eau, pour s'écouler en X, devait donc vaincre au moins cette pression ; la résistance était encore augmentée par la petite section du tuyau RD, qui avait $0^m.027$, tandis que DT en avait $0^m.050$, et, de plus, l'embranchement du tuyau était à angle droit; toutes ces causes faisaient que l'eau venant de la pompe avait beaucoup plus de facilité à s'écouler dans la grande chaudière que dans la petite. Une seule cause aurait pu contrebalancer cet effet, c'est que le point D était de 10 centimètres plus bas que la partie supérieure du tuyau (fig. 9); mais cette différence était plus que compensée par les différences de pression et de section que nous venons d'expliquer.

Lorsque le feu a été allumé le lundi, voici donc quel était, selon toutes probabilités, l'état des choses :

La grande chaudière E était pleine d'eau, et la chaudière X vide, à l'exception des bouilleurs; enfin le robinet R était ouvert.

La chaudière X vide, et plus petite que E, a dû s'échauffer plus vite, ce qui a eu pour effet de vaporiser l'eau des bouilleurs et de la faire passer en E; mais il est arrivé un moment où cette vapeur devenant rare et la température de E augmentant, la tension de la vapeur en E est devenue supérieure à celle de X, et alors l'eau de E a dû passer par le tuyau, et, tombant sur des parois surchauffées, donner naissance à une masse considérable de vapeur dont l'énorme puissance a déterminé l'explosion.

L'hypothèse de la communication ouverte entre les deux chaudières est d'ailleurs confirmée par l'état dans lequel la chaudière E a été trouvée après l'accident : car, s'il y avait communication, la pression subite développée en X a dû se transmettre en partie dans E.

En effet, le corps cylindrique de la chaudière E a été séparé entièrement des bouilleurs et a été trouvé à un niveau supérieur à celui qu'il occupait auparavant; les bouilleurs avaient été jetés en sens inverse. Les tubulures étaient brisées sur tout le pourtour, et les chaudières et bouilleurs avaient une forme ovale (fig. 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22 et 23).

La presque identité des effets produits sur chaque système de bouilleurs prouve que la chaudière E a elle-même été soumise à une force intérieure considérable, et que ses déformations ne peuvent pas provenir uniquement des chocs et des pressions extérieures auxquels elle a été exposée au moment de l'explosion de la petite chaudière.

Ainsi se confirme l'explication fournie par les experts.

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

EXTRAITE DU

COURRIER DE LA LIBRAIRIE

(1er TRIMESTRE 1858)

AGRICULTURE, DRAINAGE ET GÉOLOGIE.

Etudes sur l'origine, les transformations, le desséchement et la mise en culture de la baie des Veys, par Morière et Villers. In-8.

Quelques notes sur le drainage, ou Résumé d'un cours pour les agents des ponts et chaussées, par Hernoux, ingénieur en chef. In-12.

Guide de la fabrication économique des engrais, par Rohart. In-8. — Prix : 8 fr.

Du drainage. Résultats d'observations et d'expériences pratiques faites par M. C. E. Kielmann. 1 vol., 104 pages in-18. — Prix : 1 fr. 50 c., et par la poste, 1 fr. 75 c.

La science des fontaines, ou Moyen sûr et facile de créer partout des sources d'eau potable, par M. J. Dumas, membre du corps enseignant, auteur d'un ouvrage sur les inondations couronné par l'Académie des sciences de Bordeaux. 2e édition, revue et corrigée. 1 fort vol. in-8, avec 12 planches gravées sur acier.—Prix : 10 fr.; par la poste, 11 fr.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

Notice sur la fabrication du vinaigre de vin de sucre, considérée sous le triple rapport du prix, de l'hygiène et du goût; précédée de quelques observations sur les différents vinaigres, par Henry. In-8, 8 pages.

Application de la chaux et de la potasse à l'annulation des gaz délétères qui se produisent dans les mines de houille..., par Hippolyte Landois, chimiste. In-8, 8 pages.

Mémoire sur les chaux hydrauliques et la formation des roches par la voie humide, par Kuhlmann. In-8.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS.

Essai pratique sur la construction des ponts obliques à appareil hélicoïdal, mis à la portée des entrepreneurs et appareilleurs, par E. Ormières, entrepreneur de travaux publics. In-8, 38 pages, 7 planches lithographiées.

Projet d'endiguement sur la rive gauche à l'embouchure de la Seine.

Examen du projet de construire un viaduc sur le port de Boulogne, pour le chemin de fer de Boulogne à Calais, par Fontaine. In-8.

CHEMINS DE FER.

Tableaux synoptiques des chemins de fer du globe et des principales sociétés par actions, précédés d'un texte explicatif des chemins de fer, par C. Wolters. In-8, 148 pages.

Traité élémentaire des chemins de fer, par Auguste Perdonnnet. 2 vol. in-8. — Prix : 30 fr.

Observations sur le chemin de fer de Cocheren à Sarrebourg et sur le canal des houillères de Sarrebruck, par Goldenberg. In-8.

Tramways (chemins de fer à traction de cheval), par Traufurd. In-8.

Note statistique des chemins de fer toscans, par de Coster. In-8.

Construction des formules de transport pour l'exécution des terrassements, par Dinan. In-8. — Prix : 3 fr.

Chemins de fer américains tramways, ou Chemins de fer à chevaux, par M. le comte Alexandre d'Adhémar, ancien élève de l'école polytechnique, publié par les soins de M. le comte Henry Balbiano de Viale. 1 vol. in-8 avec figures. — Prix : 4 fr. ; par la poste, 4 fr. 50 c.

MÉCANIQUE.

Machine à vapeur portative, dite Machine à piston rotatif, système Chevrot et Seyvon, mécanicien. In-8, 8 pages, 1 plan.

Traité théorique et pratique des moteurs hydrauliques, par M. Armengaud aîné, ingénieur. Nouvelle édition, entièrement refondue. 1re partie : Moteurs hydrauliques. In-4, 252 pages, plus 1 atlas de 13 planches, 25 fr. La 2e partie comprendra les machines à vapeur fixes ; la 3e, les machines locomobiles, les locomotives et les machines de navigation. L'ouvrage est enrichi de 200 vignettes sur bois et accompagné d'un atlas de 60 pl. in-fol., gravées sur cuivre.

Compteur kilométrique applicable à toute espèce de voitures, par M. Quinche. In-8, 7 pages, 1 pl.

Cours complet et pratique de filature de coton, suivi des formules et méthodes pour apprécier la résistance des appareils mécaniques, etc., terminé par la description complète de deux machines nouvelles..., par D. Drapier, ingénieur-mécanicien. In-18, 236 pages, 3 pl.

Théorie de la résistance et de la flexion plane des solides, dont les dimensions transversales sont petites relativement à leur longueur, par J. Bélanger, ingénieur en chef des ponts et chaussées. In-8, 104 pages, 1 planche. 3 fr.

Cours élémentaire et pratique du chauffage, de l'entretien et de la conduite des chaudières et machines à vapeur fixes, locomobiles, locomotives et de bateaux à vapeur, fait, sous le patronage de la Société d'in-

struction primaire, aux ouvriers chauffeurs et mécaniciens de Lyon, par J. Rollet, garde-mines du département du Rhône. 1re partie : Préliminaires, chaudières et machines à vapeur fixes. In-4, 61 pages, 12 planches lithographiées.

Aide-Mémoire de mécanique pratique, par Arthur Morin, général de division d'artillerie, membre d'Institut, etc. 4e édition, 2e tirage. In-8, 518 pages, figures dans le texte. 7 fr. 50 c.

Notice historique sur l'emploi de l'air comprimé considéré comme force motrice et comme agent de locomotion..., par A. P. H. Gaugain, rédacteur du *Journal des Mines*. In-18, 223 pages. — Prix : 1 fr.

Traité élémentaire des machines à vapeur marines, par A. Ortolan, premier maître mécanicien de la marine impériale. 2e édition. In-8, 460 pages, figures dans le texte, 14 tableaux, atlas de 17 planches.

Résistance des fers à double T. Tableaux de base indiquant les charges permanentes en kilogrammes que l'on ne doit pas dépasser dans les constructions, par Guillaume. 2 tableaux in-folio.

Mémoire sur l'origine et la propagation de la force, par Séguin aîné In-8.

MINES ET MÉTALLURGIE.

Du fer. Examen de la situation faite à la métallurgie par les différents procédés de fabrication inventés dans ces dernières années, par V. Couailhac. In-8, 53 pages.

OUVRAGES PÉRIODIQUES.

REVUES ET JOURNAUX.

Annales des ponts et chaussées, mémoires et documents relatifs à l'art des constructions et au service de l'ingénieur. Ces Annales paraissent tous les deux mois par livraisons in-8, et forment dans l'année 3 vol. in-8, avec planches. — Le prix d'abonnement pour Paris est de 20 fr.; pour les départements 24 fr.

Annales des mines, ou Recueil de Mémoires sur l'exploitation des mines, sur les sciences qui s'y rapportent, rédigé sous la direction d'une Commission spéciale. Ces Annales paraissent tous les deux mois et forment dans l'année 2 à 3 vol. in-8, avec planches. – Le prix d'abonnement est pour Paris de 20 fr.; pour les départements 24 fr.

Annales des conducteurs des ponts et chaussées, recueil de mémoires, documents et actes officiels; paraissant tous les mois. — L'abonnement est de 10 fr. pour la France et 14 fr. pour l'étranger.

Annales forestières et métallurgiques, paraissant à la fin de chaque mois. — Prix de l'abonnement : 15 fr. pour la France et 20 fr. pour l'étranger.

Annales télégraphiques publiées par un Comité composé de fonctionnaires de l'administration des lignes télégraphiques, paraissant tous les deux mois. — L'abonnement est de 15 fr. par an pour la France et 18 fr. pour l'étranger.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. In-8, pages 231 à 306. 3 fr. le numéro. — L'abonnement pour 6 bulletins (1 vol.) est de 15 fr., et par la poste, 16 fr. 50.

Bulletin de la Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne, paraissant tous les trois mois. — Prix de l'abonnement : 25 fr. par an.

Bulletin des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture. — Prix de l'abonnement : 8 fr. par an.

Journal de l'Ecole polytechnique, publié par le Conseil d'instruction de cette école. 36e cahier. Tome XXI. In-4. 10 fr. — Les 36 cahiers parus, 260 fr.

Journal belge de l'architecture et de la science des constructions, publié sous la direction de MM. C. D. Versluys et Ch. Vanderauwera. Gr. in-8. 7e année. Bruxelles, 1856. Paraît tous les mois par livraison de 16 pages de texte à deux colonnes et 2 planches. — Prix de l'abonnement par an pour Paris, 20 fr.

Journal d'agriculture progressive, le Draineur et le Génie rural réunis sous la direction de M. Edm. Vianne, ingénieur de la Compagnie du drainage, et la collaboration de M. Jules Grandvoinnet, professeur de génie rural à Grignon. Le 1er et le 16 de chaque mois. In-8, 32 pages, avec gravures sur bois et sur acier.

L'Ingénieur, revue scientifique et critique des travaux publics et de l'industrie. Nouvelle série. Cette série paraît le 1er de chaque mois par cahiers de 2 feuilles de texte et de 8 planches gr. in-4. — Abonnement pour Paris, 16 fr.; départements, 18 fr. Années parues : 1852-1856.

L'Invention, journal mensuel de la propriété industrielle, littéraire, artistique et commerciale, publié par M. Ch. Desnos. — Prix de l'abonnement : 8 fr. par an pour Paris, 10 fr. pour les départements, et 12 fr. pour l'étranger.

Nouveau portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer, par MM. A. Perdonnet et C. Polonceau. Tous les trois mois il paraît une ou deux livraisons. Chaque livraison se compose de 12 planches gr. in-fol. gravées sur acier, et de 4 à 5 feuilles in-8 de texte. — Le prix de la livraison est de 15 fr., et 16 fr. par la poste.

Nouvelles Annales de la construction, publication rapide et économique des documents les plus récents et les plus intéressants relatifs à la construction française et étrangère. Directeur : C. A. Oppermann, ingénieur des ponts et chaussées. In-fol., avec planches. — Abonnement à l'année courante : Paris, 15 fr.; départements, 18 fr. Années parues : 1855-1856.

Publication industrielle des machines, outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère, par Armengaud aîné, ingénieur. In-8. — L'abonnement est de 30 fr. pour Paris et de 35 fr. pour les départements.

Portefeuille économique des machines, de l'outillage et du matériel relatifs à la construction, aux chemins de fer, aux routes, à la navigation, à l'agriculture, aux mines, aux télégraphes électriques, etc., sous la direction de M. C. A. Oppermann, ingénieur des ponts et chaussées. Il paraît chaque mois une livraison de 4 à 6 planches grand format, cotées, avec une légende explicative; plus 2 à 4 pages de texte, même format que les planches, à deux colonnes, avec tableaux et figures. — L'abonnement de 15 fr. pour Paris et de 18 fr. pour la France représente 50 à 60 planches grand format, avec 12 livraisons de texte.

Portefeuille de John Cockerill, description de toutes espèces de machines construites dans les établissements Cockerill, depuis leur fondation jusqu'à ce jour; publié avec l'autorisation de la Société. Liége (1855-1856).

Revue municipale, journal administratif et historique, paraissant les 1er, 10 et 20 de chaque mois. — Prix de l'abonnement pour Paris, 12 fr. par an; pour les départements, 15 fr. par an.

Revue universelle des mines, de la métallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts appliqués à l'industrie, sous la direction de Ch. de Cuyper, professeur à la Faculté de Liége; avec le concours de nombreux collaborateurs français et belges. Cette revue paraît tous les deux mois par livraisons gr. in-8, avec planches, de manière à former 2 vol. de 4 à 500 pages. — Abonnement pour 1857, 25 fr.

Revue générale de l'architecture et des travaux publics, journal des architectes, ingénieurs, entrepreneurs, sous la direction de M. César Daly, architecte. In-4. Elle paraît mensuellement par numéro de 3 feuilles in-4 et 4 à 5 planches gravées. — Abonnement : Paris, 40 fr.; départements, 45 fr.

L'ouvrage complet comprendra 100 livraisons in-fol., demi-jésus, papier vélin. Chaque livraison est composée de 2 planches avec une feuille in-4 de texte. 12 livraisons paraîtront par année. En vente, la 1re et la 2e année en 24 livraisons. La 3e est en cours de publication. — Chaque année, 24 fr.

TÉLÉGRAPHIE.

Cours théorique et pratique de télégraphie électrique, par M. Edouard Blavier, inspecteur des lignes télégraphiques, ancien élève de l'École polytechnique. 1 vol. in-18 de 400 pages, avec 6 planches et 150 figures dans le texte. — Prix : 7 fr.; par la poste, 7 fr. 50 c.

STATISTIQUE ET LÉGISLATION.

Projet de loi sur les brevets d'invention. Considérations présentées à S. E. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. In-4, 12 pages.

Recherches sur les inondations dans la vallée de l'Isère, depuis 1219 jusqu'à nos jours, par J. J. A. Pilot. In-8, 144 pages.

Des brevets d'invention. Observations sur le nouveau projet de loi soumis par S. E. M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics à l'examen des Chambres de commerce et des Comités consultatifs des arts et manufactures, par C. B. Normand, du Havre. In-18, 114 pages.

Examen de la loi sur les brevets d'invention, par J. Duméry, ingénieur civil. In-8, 102 pages.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Avril, Mai et Juin 1858)

N° 2

Pendant ce trimestre, on a traité les questions suivantes :

1° Note sur les travaux professionnels de M. Paillette. (Voir le résumé de la séance du 9 avril, p. 105.)

2° Appareil de chauffage de M. Fondet. (Voir le résumé de la séance du 9 avril, p. 106.)

3° Emploi d'un laitier de haut-fourneau. (Voir le résumé de la séance du 9 avril, p. 108.)

4° Résistance des rails. (Voir le résumé de la séance du 9 avril, p. 109.)

5° Changements de voies à contre-rails mobiles. (Voir le résumé de la séance du 23 avril, p. 110.)

6° Machine rotative. (Voir le résumé de la séance du 23 avril, p. 111.)

7° Charbons exportés de Cardiff (pays de Galles). (Voir le résumé de la séance du 23 avril, p. 114.)

8° Emploi de la vapeur d'eau pour arrêter les incendies. (Voir le résumé de la séance du 7 mai, p. 115.)

9° Câble transatlantique (Voir le résumé de la séance du 7 mai, p. 115.)

10° Application des chaudières tubulaires aux machines fixes. (Voir le résumé de la séance du 7 mai, p. 117.)

11° Examen des principes qui doivent servir à l'établissement des chemins de fer. (Voir le résumé de la séance du 7 mai, p. 118)

12° Rapport de la commission d'enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation sur les chemins de fer. (Voir le résumé de la séance du 4 juin, p. 122.)

13° Situation financière de la Société. (Voir le résumé de la séance du 18 juin, p. 125.)

14° Machine à affûter les scies. (Voir le résumé de la séance du 18 juin, p. 125.)

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Burel, ingénieur, un exemplaire du Rapport sur l'Exposition universelle de 1855, relatif aux exposants de la Seine-Inférieure;

2° Des *Annales des ponts et chaussées*, les numéros de septembre, octobre, novembre et décembre 1857 ; janvier, février, mars et avril 1858;

3° De M. Noblet, éditeur, les 1re et 2e livraisons de 1858 de la *Revue universelle;*

4° De la Société d'encouragement, un exemplaire du Bulletin des mois de février, mars, avril et mai 1858;

5° De M. Goschler, membre de la Société, un exemplaire du Rapport du conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer Hainaut et Flandres;

6° De M. Hauchecorne, un exemplaire des Tableaux statistiques des chemins de fer de l'Allemagne en 1856;

7° De M. Barrault (Emile), membre de la Société, l'Analyse de l'ouvrage de M. Emile With sur la construction des chemins de fer;

8° De M. Oppermann, les numéros d'avril, mai et juin 1858, des *Nouvelles Annales de la construction* et du *Portefeuille des machines;*

9° De M. César Daly, les numéros 8 et 9 de la *Revue d'architecture;*

10° Du journal *The Engineer*, les numéros des 19, 26 mars; 2, 9, 16, 23, 30 avril; 7, 14, 21 et 28 mai;

11° De M. Mirecki, membre de la Société, la traduction d'un Mémoire sur les résultats des expériences sur la résistance des rails exécutées à Berlin en 1852, sous la direction de M. Weishempt;

12° De M. Gaugain, une Notice historique sur l'emploi de l'air comprimé;

13° De M. Desnos, membre de la Société, un exemplaire du Dictionnaire technologique français-anglais-allemand;

Les numéros de janvier, février, mars, avril, mai et juin 1858, du journal *L'Invention;*

Une brochure sur une machine à vapeur rotative;

14° Compte rendu des séances du cercle de *La Presse scientifique;*

15° Des *Annales des conducteurs des ponts et chaussées*, le tome 1^er^ de 1857, et les numéros de janvier, février et mars 1858;

16° De l'*Institution of Mechanical Engineers*, la collection de ses Bulletins de 1847 à 1857;

17° De MM. Perdonnet et Polonceau, membres de la Société, un exemplaire de la 4e livraison du *Nouveau Portefeuille de l'Ingénieur des chemins de fer;*

18° De M. Castor, un exemplaire de son Recueil de machines à draguer et appareils élévatoires;

19° De M. Ch. Laurent, membre de la Société, un exemplaire de sa Note sur les puits artésiens du Sahara oriental;

20° Des *Annales forestières*, les numéros de janvier, février et mars 1858;

21° De la Société d'agriculture, son dernier Bulletin;

22° De M. Fernandez de Castro, un exemplaire de son ouvrage sur la Description d'un nouveau système de signal électrique;

23° De M. Pépin-Lehalleur, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur le progrès agricole;

24° De la Société des Ingénieurs civils de Londres, les résumés de leurs dernières séances;

25° De M. Benoist-Duportail, membre de la Société, une Note sur le viaduc de Nogent-sur-Marne;

26° De M. Ebray, membre de la Société, une Note sur l'avantage de substituer, dans certains cas, les calculs de la pente par mètres aux calculs trigonométriques;

27° De la Classe d'industrie et de commerce de la Société des arts de Genève, le n° 66 de leur Bulletin;

28° De M. Niklès, un exemplaire d'une Notice sur le moteur des convois des grands tunnels;

29° Des *Annales des mines*, les numéros de novembre et décembre 1857, et la 1re livraison de 1858;

30° De la Société industrielle de Mulhouse, le numéro 143 de son Bulletin;

31° De M. Hérard, architecte, un exemplaire d'une Notice sur un nouveau projet de passerelles à construire à la rencontre des grandes voies publiques de la ville de Paris ;

32° De M. Prosper Tourneux, chef de division au ministère des travaux publics, un exemplaire de l'Enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sûreté de l'exploitation sur les chemins de fer ;

33° Des *Annales des chemins vicinaux*, la collection de 1845 à 1856 ;

34° De M. Borgella, membre de la Société, un Mémoire sur la fabrication des rails et quelques autres pièces principales des chemins de fer ;

35° De M. Guibal, membre de la Société, un exemplaire d'un Rapport de la Commission chargée d'examiner les divers projets présentés à la Société des charbonnages de Saint-Vaast pour le percement des sables mouvants de son puits de Bonne-Espérance ;

36° De M. de Marsilly, ingénieur des mines, un exemplaire d'un Mémoire sur les principales variétés de houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France ;

37° De M. César Daly, les numéros 10, 11 et 12 de la *Revue d'architecture ;*

38° De M. Noblet, éditeur, les livraisons 39, 40, 41, 42 et 43 du *Portefeuille de John Cockerill.*

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois d'avril,

MM. Balestrini, présenté par MM. Flachat, Molinos et de Branville.

Barthélemy, présenté par MM. Bergeron, Mayer et Thomé de Gamond.

Dufournel, présenté par MM. Flachat, Faure et Thomas.

MM. Gallaud, présenté par MM. Faure, Baret et Michelet.
Gibon, présenté par MM. Loustau, Alquié et Thouin.
Lasvignes, présenté par MM. Flachat, Molinos et de Dion.
Laurent (Lambert), présenté par MM. Love, Richoux et Tronquoy.
Mallac, présenté par MM. Flachat, Molinos et Chabrier.
Pellier, présenté par MM. Flachat, Callon et Nozo.
Simon (Paul), présenté par MM. Faure, Salvetat et Gaudry.

Au mois de mai,

MM. Bouilhet, présenté par MM. Faure, Molinos et Péligot.
De Coene, présenté par MM. Flachat, Chabrier et Mayer.
Desgranges, présenté par MM. Flachat, Mathieu et Love.
Gaveau, présenté par MM. Faure, Chabrier et Loustau.
Lacombe, présenté par MM. Loustau, Houel et Alquié.
Lavezzari, présenté par MM. Flachat, Péligot et Falies.
Thaurin, présenté par MM. Flachat, Lemoinne et Chabrier.

RÉSUMÉ DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT LE 2e TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1858.

SÉANCE DU 9 AVRIL 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société de la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. Adrien Paillette, l'un de ses membres.

Adrien Paillette était élève de l'Ecole des mineurs de Saint-Etienne.

Son goût pour la géologie en a fait l'un des ingénieurs qui se sont le plus puissamment aidés de cette science dans les exploitations minéralogiques.

En peu d'années Paillette devint à la fois un savant géologue et un praticien très habile en exploitation des mines, dans le traitement des minerais et la fabrication du fer.

Doué d'un vif amour de la science, d'un dévouement sans bornes pour les progrès de l'industrie et les travaux qui lui étaient confiés, soutenu par une persévérance indomptable, Paillette a fondé dans les Asturies un faisceau d'exploitations, d'usines et d'entreprises, qui auraient rempli l'existence de plusieurs ingénieurs. A quelque développement industriel que les Asturies soient appelées dans l'avenir, les exploitations et les travaux de Paillette seront le point de départ des entreprises nouvelles, parce que l'œuvre qu'il a fondée constitue à la fois l'un des grands intérêts publics de l'Espagne et le berceau d'industries de première nécessité.

Le bassin houiller des Asturies est un des plus riches du monde, mais sa constitution géologique, ou plutôt sa stratification, en faisait une des exploitations les plus difficiles: par des moyens ingénieux et économiques, Paillette est parvenu à y réduire les frais d'extraction à 25 ou 28 cent. l'hectolitre.

Il a été le pionnier entreprenant et habile de toutes les fabrications métallurgiques de la province. Lorsque les Compagnies anglaises eurent abandonné les Asturies, où elles avaient inutilement versé d'immenses capitaux, Paillette prit la direction de leurs établissements. Les minerais de fer avaient manqué aux forges de Mières et la fabrication avait cessé : quelques semaines suffirent à Paillette pour assurer les approvisionnements de l'usine. Il découvrit des gîtes nombreux et abondants, et, depuis, la richesse des Asturies en minerais de fer n'a pas été un seul instant contestée.

Il joignit à ces travaux la fabrication du mercure, dont les émanations laissent des traces apparentes sur beaucoup de points des Asturies, mais dont les minerais exploitables sont parsemés et difficiles à reconnaître.

Il signala également sur la côte des Asturies les amas calaminaires, qui sont devenus dans ces dernières années l'objet d'une exportation importante en Belgique.

Il apportait dans ses travaux un esprit d'économie et de simplicité qui ne se rencontre que parmi les hommes obligés de tout créer par eux-mêmes, et de tirer parti des forces naturelles qui sont autour d'eux sans le concours et l'aide des moyens que le progrès de l'industrie met à notre disposition dans des pays plus avancés.

Les établissements de la Pola de Lena, de Mières; les exploitations de Sama, du Candin, de Pumarabile, et bien d'autres, sont dus à l'infatigable énergie de Paillette; et nous pouvons dire de lui avec orgueil que dans ce pays des Asturies où nous l'avons rencontré, aimé et estimé de tous, il a porté avec une grande supériorité la profession des ingénieurs français. Là où les autres ont laissé des ruines, il a su fonder; il a assuré le lien entre le passé et l'avenir pour le moment où le Gouvernement espagnol aura rendu la côte des Asturies abordable aux navires : la reconnaissance du pays et de ceux qui ont remis leurs intérêts entre ses mains lui est acquise.

Un mot encore : Paillette a apporté dans ses relations un sentiment de probité et de bienveillance qui était chez lui presque une seconde nature. Nul doute qu'une part de la confiance qu'il a acquise aux Asturies et qui lui a permis d'amener les gens du pays à se vouer, sous sa direction, aux travaux des usines et des mines, a été due à cette heureuse disposition.

Sa mémoire sera celle d'un ingénieur le plus heureusement doué pour coloniser les grands travaux de l'industrie dans un pays nouveau et au milieu d'une population indifférente et défiante.

Il a recueilli, pendant le cours de sa vie active, beaucoup d'amitiés : il se sentait soutenu par ce concours sympathique. Les Gouvernements français et espagnol avaient d'ailleurs récompensé ses efforts par des distinctions bien méritées. Il est mort jeune, épuisé par ses travaux, par le dur climat espagnol, par le peu de compte qu'il faisait des soins que le corps exige pour pouvoir lutter contre l'activité d'une âme passionnément éprise de la science et du progrès de l'industrie.

M. Nozo entretient ensuite la Société sur l'appareil de chauffage de M. Fondet.

Des expériences faites à la Cour des comptes pendant l'hiver de 1850 à 1851 paraissent avoir démontré que la consommation d'une cheminée ordinaire, qui était de 42 kilogrammes de bois par jour, s'était abaissée à 15 kilogrammes après la pose de l'appareil Fondet, avec élévation notable de la température moyenne.

M. Nozo n'a pas eu occasion de vérifier les expériences faites à la Cour des comptes, mais il dit qu'avec un seul appareil et un feu moyen, il a pu chauffer à la fois une chambre à coucher et un salon, lorsqu'il fallait auparavant deux feux pour obtenir le même effet.

Il est certain, d'un autre côté, qu'on augmenterait notablement l'effet utile

en élevant les bouches de chaleur jusque près du plafond, au moyen de colonnes qui, dans certaines circonstances, deviendraient un motif de décoration. On trouverait là encore le moyen de chauffer l'étage supérieur avec la chaleur inutile de l'étage inférieur.

L'appareil de M. Fondet emprunte aux générateurs tubulaires non-seulement leur principe de chauffage, mais même leur mode de construction.

Il se compose essentiellement :

1° D'une caisse inférieure sans fond, posée sur l'âtre, dans laquelle l'air du dehors doit affluer aussi librement que possible, et qu'on peut appeler *caisse à air froid ;*

2° De tubes prismatiques, quadrangulaires, disposés en quinconce, que les flammes traversent en zigzag et qui sont destinés à chauffer l'air ;

3° D'une caisse supérieure dans laquelle afflue l'air chauffé et qu'on peut appeler *caisse à air chaud.* Cette caisse à air chaud est réunie à la caisse à air froid au moyen des tubes quadrangulaires eux-mêmes et de quelques boulons de serrage placés dans leur intérieur.

Comme accessoires de l'appareil proprement dit, on doit remarquer :

1° Une plaque d'âtre qui reçoit le feu et sous laquelle circule l'air froid avant de se rendre dans la caisse à air froid. Cette plaque porte, soit venu de fonte, soit séparé, le cadre qui reçoit les bords de la caisse à air froid.

2° Un manchon traversant la caisse à air froid, habituellement fermée par un tampon en brique. Ce manchon permet de retirer les cendres et la suie qui peuvent s'accumuler derrière l'appareil ; il sert aussi à passer la corde du ramoneur.

3° Quelques bouts de tuyaux et deux bouches de chaleur.

A part les boulons, les bouches et les tuyaux, toutes les autres pièces de l'appareil sont en fonte.

La disposition tubulaire de l'appareil Fondet offre ce précieux avantage de multiplier autant qu'on le veut la surface de chauffe. De plus, le faible écartement des tubes quadrangulaires et leur disposition en quinconce divisent la flamme qui doit les traverser, pour se rendre dans la cheminée, en un grand nombre de lames minces se subdivisant elles-mêmes à chaque rencontre des angles des tubes postérieurs. Il en résulte que les gaz enflammés, sans s'éteindre trop vite, se dépouillent parfaitement de leur chaleur avant d'arriver dans le coffre de la cheminée, et cela tout à l'avantage de l'effet utile de l'appareil et des garanties contre les chances d'incendie.

La disposition de tubes quadrangulaires montés en quinconce se prête aussi parfaitement bien au nettoyage de la suie qui pourrait adhérer aux surfaces. Ce nettoyage se fait de temps en temps au moyen d'une petite raclette spéciale.

L'appareil Fondet fonctionne également bien avec tous les combustibles. Celui qui est monté chez M. Nozo marche à la houille brûlée dans une grille ; celui monté dans ses bureaux marche au bois, avec chenets ordinaires. Il a fonctionné quelquefois avec un mélange de bois et de houille.

Lorsque la température s'élève trop dans l'appartement, il faut commencer par modérer le feu avant de fermer les bouches de chaleur. En fermant les bouches par un feu très actif, on produirait un effet analogue à ce qui arrive dans les générateurs tubulaires, lorsqu'ils viennent à manquer d'eau : ces tubes s'échaufferaient fortement et pourraient se fendre, ou tout au moins se détériorer rapidement.

L'appareil se pose avec une assez forte inclinaison d'arrière en avant, mais cependant de manière à conserver entre la boîte à air chaud et le manteau de cheminée un intervalle de 5 à 6 centimètres, qui puisse former, en outre du passage normal en zigzag autour des tubes, un débouché supplémentaire pour la fumée au moment de l'allumage.

Dans la plupart des cas, M. Fondet laisse ce débouché ouvert d'une manière permanente, quoiqu'il puisse y avoir quelquefois avantage à le fermer par un papillon, surtout alors que la combustion est devenue suffisamment active. Mais, comme avec l'appareil nouveau il n'y a pas lieu de mesurer parcimonieusement l'air nécessaire à la combustion, M. Fondet croit préférable de lui conserver ses propriétés hygiéniques en le laissant provoquer la plus grande ventilation possible.

M. Fondet recommande surtout de faire un choix judicieux dans la position des prises d'air ; il conseille de les établir plutôt à l'est ou au nord qu'au sud et à l'ouest, sur un jardin plutôt que sur la cour ; de les éloigner de toutes émanations qui pourraient donner à l'air une odeur d'autant plus désagréable qu'elle se développerait encore par l'échauffement à travers l'appareil. Il ne faut pas craindre de donner aux conduits, selon le développement qu'ils ont, trois et quatre fois la section totale des tubes à air chaud.

C'est à la condition de donner aux conduits d'air froid et d'air chaud de très grandes sections qu'on tire de l'appareil le maximum d'effet utile. Toute résistance au mouvement de l'air est au détriment de l'effet produit.

En résumé, l'appareil de M. Fondet s'accommode de tous les genres de combustibles ; il utilise la chaleur développée par la combustion à l'égal des calorifères ; il conserve au foyer son aspect ordinaire et se monte aisément dans toutes les cheminées construites ; il ventile les appartements autant que l'hygiène peut le réclamer ; il améliore le tirage des cheminées et diminue les chances d'incendie. Il est d'un entretien on peut dire nul, d'un prix accessible à toutes les fortunes et peut être appliqué dans toutes les maisons sans inconvénient.

M. Laurens présente à la Société, au nom de M. Dufournel, maître de forge, des échantillons d'un *laitier* de haut-fourneau, spongieux, sans fragilité, et d'une extrême légèreté, qu'il croit susceptible d'être utilisé, notamment dans la construction des bâtiments. M. Laurens rappelle qu'on a fait de nombreux efforts pour tirer parti du laitier des hauts-fourneaux dont l'abondance ne tarde pas à former des amas très embarrassants. En général, les produits qu'on est parvenu à fabriquer avec ce laitier sont revenus à un prix hors de proportion avec le but proposé. Les laitiers spongieux de M. Dufournel peuvent se tailler à la truelle ; ils prennent le mortier à la

façon de la lave ou de la meulière ; leur densité n'est qu'un dixième de celle de l'eau ; ils n'ont plus rien de cette fragilité des laitiers vitreux ordinaires ; quoique très friables, ils sont cependant, en masse, assez solides pour permettre de les employer aux constructions légères, exemptes de charge, telles que voûtes ou cloisons. M. Dufournel les emploie en ce moment à composer la voûte d'une église.

Leur prix de fabrication est à peu près nul, car pour produire ce laitier spongieux, il suffit de le recevoir, à mesure qu'il descend du haut-fourneau, dans une brouette ou wagonet en tôle, où il se maintient à l'état liquide ; puis on va le verser sur un sol préalablement arrosé d'eau ; celle-ci, ne se vaporisant et cherchant une issue au milieu à la masse, produit la tuméfaction, le boursouflement, et, par suite, la porosité qui caractérise le produit déposé sur le bureau de la Société.

M. LE PRÉSIDENT annonce à la Société que M. Mirecki, membre de la Société, ingénieur au chemin de fer du Nord, passant à la Compagnie des chemins de fer russes, a présenté la traduction d'un Mémoire sur les résultats des expériences sur la résistance des rails exécutés à Berlin, en 1852, sous la direction de M. Weishempt. M. Mirecki compte rédiger un travail sur la forme de rails qui lui paraît préférable ; en attendant, il fait connaître quelques-uns des résultats auxquels son expérience l'a conduit. Il ne croit pas que les rails, tels qu'ils sont fabriqués actuellement et sous l'influence d'une circulation très active, durent plus de douze ans ; il conclut pour la forme à double champignon, convaincu que le retournement du rail prolonge sa durée d'un tiers ; les joints éclissés lui paraissent devoir être soutenus par des appuis ; enfin, il pense que les rails actuels de 38 kilogr. au mètre courant portés sur 7 traverses par 6 mètres ne dureront pas autant que les anciens rails de 30 kilogr. placés dans les mêmes conditions, mais qui étaient fabriqués en bon fer.

M. LE PRÉSIDENT confie à M. Molinos l'examen des conclusions du travail de M. Mirecki, et en renvoie la discussion avec celle à laquelle donnera lieu la lecture prochaine du travail de M. Mathias sur les chemins de fer d'Allemagne.

M. Faure analyse ensuite l'ouvrage de M. Salvetat, intitulé : *Leçons de céramique.*

M. Richoux termine la lecture de son Mémoire sur l'étude des différents systèmes de changements de voie sur les chemins de fer. Ce Mémoire sera inséré textuellement dans le Bulletin du premier trimestre 1858.

SÉANCE DU 23 AVRIL 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. FALIÈS présente quelques observations relatives à une modification des changements de voie à contre-rails mobiles proposée par M. J. Poiré, ingénieur civil.

Ce système, qui est à l'essai, a été l'objet de diverses objections.

M. FALIÈS donne la description de l'appareil, et examine ensuite les cas qui peuvent amener un déraillement.

Ce changement étant pris en talon, les deux aiguilles doivent se déplacer sous la machine, ce qui semble devoir donner lieu à un grand effort et même à un choc violent sur le contre-rail. Or, l'expérience a montré que ce déplacement a lieu sous la seule impulsion des roues et presque sans pression sur le contre-rail. D'ailleurs, si les aiguilles n'obéissaient pas à l'effort des saillies des bandages, la pression des roues sur les contre-rails serait suffisante pour que ces saillies puissent monter sur les aiguilles sans quitter la direction de la voie.

Une des causes les plus fréquentes de déraillement dans les changements ordinaires, c'est quand l'aiguille, attaquée en pointe, est manœuvrée sous le train. Le nouvel appareil serait à l'abri de cet accident, attendu que les aiguilles sont arrêtées par les saillies des roues, que les contre-rails guident invariablement.

La suppression du rabotage des aiguilles est un avantage du nouveau système, et il est permis de penser que l'usure de ces aiguilles ne sera pas plus grande que celle des rails ordinaires : ce qui dispense d'employer dans la confection de ces pièces des matériaux de qualité spéciale. L'entretien sera très facile, les contre-rails et aiguilles pouvant se remplacer partout et sans outillage spécial. Enfin, le prix du nouvel appareil est sensiblement le même que celui d'un appareil ordinaire.

UN MEMBRE pense que le contre-rail doit s'user rapidement.

Il est répondu qu'après huit jours d'expérience, cette pièce ne présentait pas trace d'usure; ce qui confirmerait l'opinion que la manœuvre par le talon se fait sans grand effort.

M. RICHOUX insiste sur une objection qu'il a présentée dans son mémoire : les saillies présentant une largeur variable, l'aiguille, attaquée en

talon par le train, pourra être imparfaitement ouverte et les roues seront exposées à venir choquer le rail fixe de la voie rectiligne.

M. Faliès pense qu'on pourra donner à la voie un jeu suffisant pour éviter un semblable accident.

Un Membre doute que le nouvel appareil puisse fonctionner convenablement au passage d'une machine présentant un mouvement de lacet sur l'essieu d'avant.

M. Faliès fait remarquer que le contre-rail est suffisamment coudé pour donner toute latitude à ce mouvement de lacet : les roues sont toujours amenées à suivre le contre-rail.

M. le Président résume la discussion. Il considère l'innovation dont il est question comme très hardie relativement à ce qui a été fait jusqu'ici. On a employé le changement à contre-rail mobile, détournant la machine sans frottement de glissement, et le changement *self acting*, dans lequel une des aiguilles peut glisser sous la machine; le nouvel appareil fait glisser les deux aiguilles sous la machine.

Les avantages de cet appareil sont de n'employer, pour la confection des aiguilles, que des rails ordinaires non rabotés et de ne pas faire porter sur les rails le bord extérieur des jantes de roues.

Mais il serait dangereux, en raison de la longueur des machines, du jeu des boîtes à graisse et du mouvement de lacet, de placer sur une voie parcourue à grande vitesse un appareil où le passage des boudins est réduit à 40^{mm}. En outre, à grande vitesse, l'attaque de l'aiguille en talon donnerait certainement lieu à un choc qui pourrait faire céder et briser les contre-rails.

M. Faliès pense que le jeu de 40^{mm} est, en effet, insuffisant, mais qu'on pourrait, sans difficulté, le porter à 50^{mm}. Quant à la prise en talon, il se borne à faire observer que c'est un fait exceptionnel sur les voies parcourues à grande vitesse, parce que l'appareil peut être réglé pour laisser la voie droite constamment ouverte.

M. Desnos présente ensuite à la Société un modèle réduit au 1/4 d'exécution d'une machine rotative de 20 chevaux.

Depuis longtemps on a fait de nombreuses tentatives pour supprimer complétement toute bielle, tige, manivelle, etc., dans les machines à vapeur; on a cherché par tous les moyens possibles à avoir un piston à mouvement circulaire sur lequel la vapeur, agissant directement, produirait la rotation de l'arbre moteur. Mais jusqu'à ce jour les machines rotatives n'ont pas eu grand succès, aucune d'entre elles n'étant venue justifier, par une marche de longue durée, tout le parti qu'il y a lieu d'espérer de cette disposition, qui peut être si simple, si rationnelle, si applicable à toutes les industries : c'est qu'en effet, tous les essais qui ont été tentés ont donné lieu à des machines à organes simples qui fonctionnaient mal, ou à des machines à organes multiples qui se dérangeaient facilement; en sorte qu'il n'est sorti de ces essais aucun moteur circulaire pouvant rivaliser avec les différentes machines à mouvement rectiligne alternatif.

Les diverses machines rotatives ou semi-rotatives qu'on a tenté d'intro-

duire dans l'industrie, jusqu'à présent ne réunissant pas toutes les conditions désirables, n'ont donc pu s'y développer :

Les unes, par la complication de leurs organes, amenant de fréquentes et coûteuses réparations, ce qui, tout naturellement, en rendait l'emploi très dispendieux ;

Les autres, d'une assez grande simplicité, mais dont la disposition entraînait avec elle des frottements considérables provenant des organes en mouvement, et entre autres de celui résultant de la pression de la vapeur sur l'arbre moteur, pression reportée sur les paliers dudit arbre ;

D'autres encore possédant de même les défauts que nous venons d'énoncer, et, de plus, ne changeant pas de marche, ou offrant, dans ce changement, une complication impossible dans la pratique ;

D'autres enfin où rien n'avait été prévu pour utiliser la détente d'une façon convenable et bien entendue ; aussi le travail de ces machines, comparé avec celui des machines à mouvement rectiligne, présentait-il une infériorité notable qui les a toujours fait abandonner.

Description de la machine.

Cette machine est formée d'un espace annulaire dont la section est de forme et de dimension qui sont déterminées par l'emploi spécial ou la quantité de force que l'on veut obtenir.

Dans cet espace annulaire se meut un piston remplissant exactement la section et relié à un axe, centre du système et récepteur du mouvement.

L'action de la vapeur s'exerce sur une des faces du piston moteur. Elle est due à son introduction par un des orifices pratiqués à cet effet en un point de l'espace annulaire où se meut le piston. La face opposée de ce piston est en rapport avec l'orifice de sortie semblable, pratiqué également en un point de l'espace annulaire et assez rapproché de l'orifice d'introduction.

Ces deux orifices peuvent changer à volonté de destination, et devenir orifices soit d'introduction, soit d'échappement, selon que l'on veut faire agir le fluide moteur sur l'une ou l'autre face du piston, et imprimer le mouvement rotatif dans l'un ou l'autre sens.

Dans l'intervalle entre les deux orifices, la section de l'espace annulaire est complètement obturée par un organe particulier, que nous nommons *piston rotatif de séparation et de résistance.*

Cet organe est animé d'un mouvement circulaire inverse à celui du piston, mouvement qui est donné à son axe par l'axe relié au piston rotatif moteur. Le nombre de révolutions de ces deux axes et de ces deux organes est exactement le même, afin que le piston moteur vienne à chaque révolution rencontrer dans l'intervalle, entre les deux orifices, une entaille ou logement pratiqué dans le piston rotatif de séparation et de résistance, ce qui permet au piston moteur de franchir cet intervalle sans que l'obturation cesse et sans que la communication puisse s'établir entre les orifices d'introduction et d'échappement, le piston rotatif formant ainsi une cloison per-

manente entre les deux orifices, laquelle ne cesse que pour laisser passer le piston, qui, à ce passage, sépare lui-même les deux orifices dans cet intervalle.

Le mode d'attache du piston moteur sur son axe est formé d'un disque métallique très mince dans sa partie, qui pénètre à l'intérieur de l'espace annulaire où se meut ce piston, et cela dans le but d'annuler en grande partie la pression communiquée à l'axe par l'action du fluide sur le périmètre de ce disque.

Un organe de résistance peut être commun à plusieurs pistons moteurs, de même qu'un seul piston moteur peut avoir plusieurs pistons rotatifs de résistance. En ce cas, l'entaille du piston de résistance vient se présenter successivement devant le passage des pistons moteurs au point de séparation entre les deux orifices, point où se pénètrent les espaces annulaires moteurs avec l'espace annulaire de résistance, ou l'espace annulaire moteur avec les espaces annulaires de résistance.

Une soupape de distribution est mue par une came construite de manière à donner toutes les détentes possibles.

Cette soupape doit être rigoureusement fermée pendant le temps du passage du piston de l'orifice d'échappement à l'orifice d'introduction. Elle peut, au besoin, être fermée plus tôt, selon la détente que l'on veut obtenir.

Un Membre remarque que, dans cette machine, l'obturation est obtenue d'une manière nouvelle et ingénieuse qui lui paraît devoir être efficace.

Il semble, en effet, que le mouvement rapide de la poulie d'occlusion, en sens contraire de celui de la vapeur, tendant à s'échapper, doit s'opposer très bien aux fuites.

Un autre Membre est d'avis qu'il est, en général, difficile de juger une machine de ce genre, dont la marche dépend de difficultés de construction et de conservation.

Toutefois, il remarque dans cette machine, comme dans la plupart des machines rotatives, un principe contraire à celui de la distribution ordinaire. Dans les machines à mouvement alternatif, la distribution et la détente se font au moment où le piston a une vitesse nulle, et cependant on donne de l'avance au tiroir pour que la vapeur ait le temps d'entrer et de sortir. Dans la machine dont le modèle est présenté, au contraire, le piston conserve toute sa vitesse au moment où la distribution change de sens. Si, dans les machines ordinaires, on est obligé de recourir à l'artifice qui vient d'être indiqué, il est très probable que, dans la nouvelle machine rotative, l'introduction de la vapeur est accompagnée d'une espèce de tirage amenant une grande perte de pression.

Un autre Membre pense que l'objection ci-dessus s'applique à toutes les machines rotatives. Toutefois, il est d'avis que, malgré cette imperfection, une machine rotative, dont la marche serait d'ailleurs régulière, pourrait, dans certains cas, rendre des services. Il résume son opinion sur celle présentée par M. Desnos en indiquant que le mode d'occlusion lui paraît ingénieux, mais que la simplicité de la machine est plus apparente que réelle, à cause surtout des engrenages.

M. Desnos indique que la machine rotative installée à Lyon marche sous la pression de 5 atmosphères et à la vitesse minima de 400 à 500 tours par minute. On ne pourrait s'en servir que pour des appareils exigeant une très grande vitesse.

Un Membre confirme par quelques remarques relatives au frottement à distance l'opinion qui précède sur l'efficacité du système d'occlusion; mais il pense que ce frottement donne lieu à une grande perte de travail. Il pense qu'à volume et à poids égal, une machine ordinaire donne plus de force qu'une machine rotative dont le piston marcherait à la même vitesse, et qu'ainsi ces dernières machines ne présentent pas l'avantage de la légèreté qu'on leur attribue généralement.

M. le Président fait observer que les machines rotatives qui ont donné lieu à un grand nombre d'essais plus ou moins ingénieux, mais tous également infructueux, ont à combattre deux graves difficultés : l'une est la grande étendue des surfaces servant à l'obturation; la seconde est l'emploi de l'expansion. Jusqu'à ce jour l'application de la vapeur à ces machines n'a pas donné des résultats supérieurs à ceux que donnent les machines à réaction. La machine dont il s'agit lui semble n'avoir pas résolu la première des deux difficultés, les surfaces intéressées avec l'obturation y sont considérables; quant à la seconde, elle paraît résolue par un mécanisme ingénieux auquel la sanction d'une expérience prolongée est d'ailleurs indispensable.

M. Yvan Flachat donne ensuite communication d'un rapport de M. Gajewski, membre de la Société, sur les charbons exportés de Cardiff (pays de Galles).

M. le Président appelle l'attention de la Société sur l'importance du sujet traité par M. Gajewski. La France consomme annuellement 9,500,000 tonnes de houille; elle n'en tire que 5,000,000 de son sol. Sur les 4,500,000 tonnes qu'elle importe de l'extérieur, le quart au moins provient d'Angleterre, et, sur les marchés de l'Ouest, où a lieu cette importation considérable, les houilles du pays de Galles paraissent devoir obtenir la préférence pour l'alimentation des machines et des foyers domestiques. Il y a donc un grand intérêt à connaître les qualités et les conditions d'exploitation des houillères de ce bassin.

Un Membre constate la richesse considérable en carbone des houilles du pays de Galles. Autrefois on pensait que la qualité des houilles était proportionnée à la richesse en carbone; mais on sait aujourd'hui qu'elle dépend surtout de la proportion de matières gazeuses et de la facilité avec laquelle ces matières se dégagent. Comme composition, les houilles du pays de Galles doivent se classer parmi les anthracites.

Une discussion s'engage sur la possibilité d'employer les anthracites de France dans les opérations métallurgiques.

Les anthracites du Dauphiné et de Maine-et-Loire, contenant de 14 à 15 pour 100 de matières étrangères, ne peuvent être utilisées en métallurgie à l'état naturel, même avec les machines soufflantes les plus énergiques. Aux environs de Montluçon on a même essayé sans succès des anthracites plus pures que celles ci-dessus. La question pourrait peut-être faire un pas par

le lavage et l'agglomération, mais cette double opération n'a pas encore été réalisée. D'ailleurs, pour faire des agglomérés, on ne pourrait employer l'anthracite sans mélange, attendu qu'il paraît démontré que l'hydrogène y est à l'état libre et non combiné avec le carbone. Enfin, les anthracites de France sont chargées de matières sulfureuses qu'on n'a pas encore pu en séparer pratiquement, et qui réduisent beaucoup leur puissance calorifique.

SÉANCE DU 7 MAI 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. FAURE lit une lettre de M. Ad. Bellier, membre de la Société, appelant l'attention sur la propriété dont jouit la vapeur d'eau d'arrêter les incendies.

M. BELLIER propose, pour utiliser cette propriété dans les chemins de fer, de munir chaque machine d'un tube analogue à une lance de pompe, susceptible de s'adapter à un ajutage à robinet placé sur la chaudière, et de longueur suffisante pour atteindre les parties les plus éloignées des bâtiments élevés le long des voies.

Les bâtiments éloignés des voies seraient pourvus de tuyaux de rallonge, annexés au matériel de leurs pompes à incendie.

On pourrait, par ce moyen, porter promptement secours si un sinistre éclatait soit dans une gare, soit dans une station isolée, soit dans l'un des wagons d'un train en marche.

M. BELLIER conseille l'adoption d'appareils analogues dans les bateaux à vapeur et dans les usines.

M. DE BRANVILLE fait le résumé de deux articles du *Times* ayant trait l'un à l'avancement des travaux du câble *transatlantique*, l'autre à un projet de communication électrique entre Malte et Alexandrie.

On se prépare activement en Angleterre à la deuxième tentative de pose de la ligne *transatlantique*. On vient d'achever une commande de 644 kilomètres de câble destinés à remplacer les 618 perdus l'automne dernier à la hauteur de Valentia. Ce câble est en tout semblable au premier, et toutes les épreuves nécessaires ont été faites pour s'assurer de sa bonne construction.

D'après les expériences de M. Whitehouse sur la vitesse de transmission à travers toute l'étendue du câble, actuellement emmagasiné à Plymouth dont la longueur est de 3540 kilomètres, on peut envoyer actuellemen

cinq mots par minute, et on espère porter bientôt ce nombre à huit dans le même temps. Ce résultat est considéré comme très satisfaisant à côté de celui auquel on était arrivé l'année dernière; mais le *Times* fait observer avec raison que, « si le passage de 480 mots par heure à travers cette ligne suffit sans aucun doute pour rémunérer la Compagnie, cela est insuffisant pour établir le service des dépêches entre l'Europe et le Nouveau-Monde; mais il n'y a pas de raison, si on peut établir une ligne, pour qu'on n'en pose pas autant dans l'Atlantique que dans le détroit ». Le *Times* ajoute plus loin :

« Lorsque le câble additionnel arrivera à Plymouth, il sera ajouté au rouleau principal, et la longueur totale sera ainsi portée à près de 4265 kilom., ce qui représente un excès d'environ 241 kilomètres sur la quantité embarquée lors de la dernière expédition. Il n'est pas douteux que l'on ait à cette époque manqué de prévoyance contre les accidents : en effet, après que 618 kilomètres environ furent perdus dans les profondeurs de l'Atlantique, la longueur restant à la disposition des ingénieurs était tellement réduite que la continuation de l'entreprise eût été presque impossible. Pour se mettre en garde contre le retour de ce malheur, on vient de décider que l'on construirait encore près de 483 kilomètres de câble : la longueur totale sera ainsi portée à 4828 kilomètres.

« Le *Niagara* et l'*Agamemnon* sont encore les vaisseaux que l'on emploiera pour la tentative de cette année; le premier, à son arrivée à Plymouth, commencera tout de suite à prendre son chargement de cet immense câble, qui cette fois-ci sera de 2414 kilomètres, au lieu de 1931 kilomètres qu'il y avait l'année dernière. A bord de l'*Agamemnon*, ce câble sera distribué également, à l'avant, au milieu et à l'arrière, en trois rouleaux d'environ 805 kilomètres. Par cet arrangement, la charge se trouvera également répartie, et le vaisseau sera bien arrimé. L'automne dernier, on avait fait tout le contraire : le poids de toute la masse était concentré au milieu du bâtiment, de telle sorte qu'à la moindre houle, les vergues de l'*Agamemnon* touchaient presque l'eau.

« Au commencement de mai, les deux vaisseaux seront prêts, et ils partiront pour un court voyage du côté des eaux profondes, où on doit expérimenter la machine de pose et s'assurer, par la pratique, qu'il n'y a aucune difficulté dans l'immersion du câble, en partant du centre de l'Atlantique. Ces expériences seront terminées dans peu de jours; on fera ensuite toutes les modifications que l'on pourra trouver nécessaires, et l'expédition repartira vers le commencement de juin. Arrivé au milieu de l'Atlantique, on raccordera les câbles, et la pose commencera, le *Niagara* se dirigeant sur l'Angleterre et l'*Agamemnon* sur l'Amérique. »

Plus loin, le *Times* dit que, sur 618 kilomètres de câble perdus l'année dernière dans l'Atlantique, on a pu en relever 84 kilomètres, le reste a dû être complétement abandonné; arrivé au terme de cette opération, la profondeur était de 1800 mètres. Puis il ajoute : « Dans la portion du câble repêchée, la voie électrique était en aussi parfait état qu'au moment de l'émission; quant à l'armure extérieure, elle portait des traces d'un allon-

gement considérable des spires, sans toutefois que cela fût allé jusqu'à nuire à l'isolation du conducteur ».

Dans l'autre article, le *Times* discute un arrangement qui devait être conclu entre l'Angleterre et l'Autriche pour l'établissement, par cette dernière puissance, d'une ligne sous-marine de Malte à Alexandrie. La question n'est pas traitée au point de vue technique ; mais ce document n'en a pas moins beaucoup d'intérêt, en ce qu'il montre d'abord toute l'importance que nos voisins attachent à la télégraphie sous-marine au point de vue de l'influence politique et de l'utilité commerciale, et ensuite les grands développements qu'ils comptent donner à ce genre de communication.

La ligne de Malte à Alexandrie serait continuée jusqu'aux Indes, en passant par Suez et Aden. En outre, de Malte on pourra la prolonger jusqu'à Gibraltar, et de là jusqu'en Angleterre. Les Anglais auront alors entre les mains un télégraphe électrique allant de Londres à Bombay, avec embranchement d'une part sur la Sardaigne, la Corse et le Piémont, d'autre part sur Corfou ; à ce moment, il leur sera facile, par des ramifications de peu d'importance, de se mettre en communication avec tous les ports importants de la Méditerranée.

Ce grand réseau a beaucoup d'importance, à tous les points de vue, pour l'Angleterre ; aussi le *Times* combat-il énergiquement, à propos de la section de Malte à Alexandrie, toute participation étrangère à l'établissement et à la construction de la ligne des Indes.

Nous espérons que cette simple énumération sera suffisante pour montrer tout l'intérêt qu'il y aurait, pour la France et pour les autres puissances de la Méditerranée, à créer dès aujourd'hui une concurrence à l'Angleterre, par la construction d'une ligne de Marseille à Constantinople.

M. Faure rappelle que, dans une des dernières séances, il a entretenu la Société de l'application des chaudières tubulaires aux machines fixes.

La communication qu'il a faite alors n'avait nullement pour but d'établir les droits de priorité de la Compagnie du chemin de fer du Nord, comme l'ont cru quelques personnes, mais seulement de revendiquer la part qu'ont prise beaucoup de membres de la Société à l'application des chaudières tubulaires aux machines fixes.

Deux lettres sont venues jeter un nouveau jour sur la question. Dans l'une, M. Calla revendique la part qu'il a prise à cette application par la construction d'un générateur tubulaire, qui fonctionne depuis 1854 dans l'établissement d'Indret. Cette chaudière fait mouvoir une très ancienne machine fixe dont les générateurs primitifs étaient insuffisants.

M. Calla ajoute qu'en 1856, à l'Exposition agricole, MM. Tresca, membre de la Société ; Hervé Mangon, ingénieur des ponts et chaussées, et d'autres membres du jury, ont fait une application publique de même nature, en employant une chaudière tubulaire horizontale à faire mouvoir successivement plusieurs machines fixes.

De son côté, M. Thétard dit que dès 1844 une chaudière tubulaire, du même système que celles des locomotives, faisait marcher dans les ateliers du chemin de fer d'Orléans, à Ivry, une machine de 16 chevaux servant au travail de l'outillage des ateliers ; qu'en 1846, il fit une deuxième applica-

tion aux mêmes ateliers, en employant une chaudière de locomotive; que précédemment, en 1840, les ateliers du chemin de fer de Versailles, rive gauche, étaient commandés de la même façon. Il ajoute que, bien antérieurement encore, l'inventeur de la chaudière tubulaire, Séguin, employait sa chaudière à alimenter les moteurs de sa papeterie d'Annonay.

Les faits cités par M. Calla et M. Thétard permettent donc d'ajouter de nouveaux noms à ceux des membres de la Société déjà connus pour la divulgation des chaudières tubulaires appliquées aux machines fixes.

M. THÉTARD fait observer aussi que, depuis près de vingt ans, la chaudière tubulaire lutte pour obtenir sa libre entrée dans nos ateliers, et cela sans y parvenir. Il attribue cet insuccès à son prix élevé, aux réparations fréquentes et difficiles qu'elle nécessite, inconvénients qui ne sont pas suffisamment compensés par l'économie de combustible.

UN MEMBRE signale la résistance de l'administration à accepter les chaudières tubulaires construites dans les épaisseurs de tôle usitées pour les machines locomotives. Il considère cette résistance comme un obstacle sérieux à leur emploi dans l'industrie.

M. LE PRÉSIDENT fait remarquer que les agents de l'administration sont obligés de se conformer aux règlements qui fixent pour les chaudières de machines fixes des épaisseurs de tôles plus grandes que pour les locomotives. Pour obtenir que les règlements soient modifiés, il faut établir que les tôles de chaudières tubulaires doivent être de qualité supérieure à celle des générateurs ordinaires, à cause des nombreux emboutissages qu'on leur fait subir, et que, comme telles, elles peuvent résister à une plus forte pression. Il est probable qu'une enquête et des expériences confiées à la Commission des machines à vapeur établiraient l'avantage des chaudières tubulaires sur les chaudières ordinaires, sous le double rapport de la sécurité et de l'économie, et que l'on arriverait à les assimiler aux chaudières de locomotives.

M. LE PRÉSIDENT met à l'ordre du jour la discussion des principes pour l'établissement des chemins de fer en Allemagne, posés à Berlin, en juin 1850, par une réunion d'ingénieurs de chemins de fer allemands, revus et corrigés par l'assemblée de Vienne en mai 1857, et traduits pour la Société par M. Félix Mathias. M. le Président entre dans quelques détails sur l'opportunité de cette discussion.

L'examen des principes qui doivent aujourd'hui servir à l'établissement des chemins de fer nous a semblé d'autant plus opportun que l'application en est entrée dans une phase nouvelle.

En prenant en effet pour point de départ des applications de l'art les besoins du pays et l'emploi fructueux des capitaux, on reconnaît que les lignes destinées à desservir les grands courants commerciaux sont finies ou en voie d'exécution, et que, pour ces dernières, d'ailleurs, le Gouvernement a fixé des règles de construction et s'est ménagé une intervention qui ne laisse pas de place pour un changement de système à l'initiative des concessionnaires.

Il reste à construire des lignes secondaires; le réseau en sera un jour, sinon plus étendu, au moins égal à celui des lignes existantes; il sera très peu

productif, et l'établissement en exigera, en conséquence, l'emploi des méthodes les plus économiques.

L'art d'établir les chemins de fer va donc devenir plutôt l'art de les construire économiquement que celui de résoudre les quelques difficultés qu'opposent à l'ingénieur les accidents du sol, la traversée des grands cours d'eau, en un mot, les grands travaux d'art. Ces travaux ne sont plus faits pour étonner personne, pour fonder aucune renommée; leurs difficultés se sont évanouies devant les progrès de la science et la connaissance plus complète de la résistance et de l'emploi des matériaux.

Mais des difficultés nouvelles ont surgi, et, bien qu'offrant à l'imagination et à l'étude un champ moins brillant, il est d'un intérêt peut-être plus puissant de les résoudre avantageusement.

La première et la plus sérieuse de toutes est dans le débat qui s'établit entre les concessionnaires et les représentants des intérêts publics et locaux sur le tracé et le profil des chemins, sur les dimensions des ouvrages et sur l'importance des établissements destinés aux divers besoins de l'exploitation.

Les maires des communes, les préfets des départements traversés, les ingénieurs des routes et des voies navigables et les ingénieurs chargés par l'Etat de contrôler les actes des concessionnaires, apportent aux questions qu'ils défendent une ardeur excitée par leur dévouement à l'intérêt qui leur est confié et que n'atténue nullement la crainte de rendre les chemins de fer peu productifs ou même ruineux. Les maires veulent tous avoir des stations; ils veulent aussi que les stations pénètrent au sein des villes, qu'elles y soient rattachées dans tous les cas par des chemins spacieux et directs; de là des dépenses exagérées, aux approches des centres de population, en acquisitions de propriétés et en travaux.

Les ingénieurs de l'Etat font la guerre aux rampes et aux courbes : les travaux de terrassements et la superficie des terrains à acquérir se trouvent ainsi augmentés dans une forte proportion; ils prennent au besoin l'initiative de tracé en concurrence avec ceux des concessionnaires; ils tendent toujours à l'accroissement des dimensions des ouvrages; ils ont fait proscrire jusqu'à l'usage du bois pour les ponts et les viaducs. S'il s'agit de traverser par un travail d'art une rivière ou une route, ils y joindront des travaux accessoires tendant à améliorer l'état antérieur de la voie d'eau ou de la route. Leur tendance à mettre ainsi l'intérêt public au-dessus de l'intérêt des concessionnaires est si résolue que nous voyons se réaliser tous les jours dans les cahiers des charges une espèce de codification des règles de construction qui s'applique non-seulement aux lignes de première importance, mais aux embranchements les plus secondaires, et qui en rend la construction de plus en plus dispendieuse.

Ce que font les ingénieurs, les maires, les préfets, nous le ferions tous avec autant de zèle. Les principes de la lutte qui s'établit entre les concessionnaires et les agents de l'Etat sont légitimes de part et d'autre; toujours est-il que les concessionnaires sont les plus faibles, que la loi écrite est contre eux, et aussi le sentiment local et même l'opinion publique, parce qu'il suffit de dire, en France, qu'on a en vue un lucre dans l'exploitation

d'un service public, et qu'on est une association, pour s'ôter toutes les sympathies locales et publiques dans les questions d'intérêt immédiat.

Aussi voyons-nous se produire ce fait surprenant, qu'en Angleterre, où l'établissement des chemins principaux a été beaucoup plus coûteux qu'en France, l'exécution des chemins de fer secondaires devient très économique, parce que l'expérience a servi de leçon, tandis qu'en France c'est le contraire qui a lieu.

Il faut en outre reconnaître que des enseignements nouveaux se sont produits et qu'il est avéré maintenant qu'on s'était fait illusion sur les bénéfices des chemins secondaires. Les résultats des années 1856 et 1857 sont concluants à cet égard. L'expérience de l'exploitation des embranchements a prouvé qu'un parcours journalier de six trains, huit trains et dix trains, suffit généralement au service du trafic de ces nouveaux chemins, et que cette circulation ne peut donner un produit net de plus de 3,000, 6,000 et 9,000 francs par kilomètre. Or, ce produit ne correspond qu'à des dépenses d'établissement de 50,000, 100,000 et 150,000 francs par kilomètre, tandis que le coût moyen est, dans les conditions actuelles, de près du double de cette dernière somme.

Quant aux produits indirects qu'il faut attendre pour les lignes principales du supplément de circulation résultant des embranchements, une leçon assez sévère a été donnée par la comparaison qui a pu être faite des produits des chemins de fer dans les années d'insuffisance et dans celles d'abondance des récoltes. Les céréales ont donné lieu à de grands transports quand elles étaient rares et chères; depuis qu'elles sont abondantes, les chemins de fer n'en transportent plus. Les mercuriales du prix des grains sont exactement et relativement les mêmes que si les chemins de fer n'existaient pas. Ainsi, l'excédant de la production sur la consommation locale va aux mêmes marchés qu'avant. A 300 kilomètres de distance, le marché de Paris n'attire plus les produits agricoles au point de les détourner des courants qu'ils suivaient antérieurement; dans les bonnes années, ces produits attendent au dernier moment pour chercher le marché le plus voisin, de telle sorte que plus il y aura d'abondance, plus faibles seront les distances auxquelles l'excédant sera transporté. Les chemins purement agricoles sont jugés; le rôle des chemins de fer est maintenant d'aider à porter l'industrie dans l'agriculture, de transporter la houille pour favoriser le traitement sur place des produits agricoles, vins, blé, betteraves, colza, lin, etc., de manière a intéresser vivement l'agriculteur à des cultures variées dont la succession, loin d'être épuisante pour le sol, y apporte indirectement des engrais féconds; les départements du nord ont vu la production des céréales s'augmenter sur leur territoire de cinquante pour cent depuis qu'on y cultive la betterave. Les populations seront rendues ainsi plus sensibles aux avantages qu'apporte l'industrie, et celle-ci, qui jusqu'ici a semblé fuir les territoires agricoles et les paysans, les recherchera.

Nous ne voulons pas dire que, parce que l'industrie de toutes pièces n'existe pas dans les territoires nouvellement traversés par les chemins de fer ou qui n'en ont pas encore, elle doive être négligée et considérée comme un accessoire qu'il faut attendre; loin de là. Elle offre de trop fécondes res-

sources aux chemins de fer pour que ceux-ci ne cherchent pas à en développer le germe.

Il est évident que, si les chemins de fer qui existent aujourd'hui étaient sollicités d'échanger la houille contre les minerais de fer, cet échange pourrait s'accomplir sur des distances de 300 et 350 kilomètres, et que l'application de tarifs très réduits serait encore, par le plein à l'aller et au retour, si productive de bénéfices aux chemins de fer, qu'il n'y aurait pas de spéculation plus profitable. D'un autre côté, ces tarifs de trois centimes à trois centimes et demi mettraient la fabrication du fer à un prix de revient qui fermerait aux fers anglais les routes du continent, sans le secours d'aucune protection douanière.

Cette industrie du fer, la seule peut-être en France qui depuis 1846 ait vu diminuer ses produits, persiste à vivre en compagnie de procédés de fabrication surannés et dispendieux; mais l'influence des chemins de fer va lui permettre de profiter des belles conditions que la nature nous a faites, et l'appeler à devenir ainsi le fournisseur de l'Europe continentale.

Ce qui est vrai pour le fer l'est-il moins pour les autres industries? L'exemple des populations plus actives que la nôtre ne prouve-t-il pas qu'il n'est pas une de nos consommations qui ne pourrait prochainement être doublée par le continuel accroissement de richesses que donne l'activité bien dépensée?

Mais pour atteindre ce but, pour bien dépenser notre activité, il faut que l'initiative et la responsabilité soient rendues à l'industrie : alors elle sortira victorieuse des embarras que lui a causés la perte ou la suspension de ces deux conditions essentielles, parce qu'elle ne fera que des entreprises fructueuses.

C'est cette initiative et cette responsabilité qui inspireront les bons tracés de chemins de fer et qui en proportionneront les dépenses d'établissement aux profits à en attendre; et, puisqu'il est reconnu de tous qu'entre la dépense et le produit aujourd'hui l'équilibre est rompu, que pour près de six mille kilomètres encore de chemins de fer concédés il faudra se résoudre à rester dans des errements de construction qui grèvent le présent d'une charge que l'avenir seul peut combler, il est essentiel que dans les entreprises nouvelles l'équilibre se rétablisse, et que l'art de l'ingénieur démontre que cela est possible.

C'est là le but de la discussion sur le travail que M. Félix Mathias a mis sous les yeux de notre Société. Sur toutes les questions de construction auxquelles ce travail sert de programme, nous aurons à indiquer les solutions les plus économiques, de préférence à celles que les développements de l'avenir peuvent recommander, sans cependant oublier ces dernières.

M. LE PRÉSIDENT fait, en terminant, appel aux lumières de ceux des membres de la Société que leur longue expérience dans les travaux et l'exploitation des chemins de fer a rendus particulièrement aptes à éclairer cette discussion.

SÉANCE DU 4 JUIN 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. LE PRÉSIDENT, en présentant les diverses publications adressées à la Société, appelle son attention sur le rapport de la Commission d'enquête, sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation sur les chemins de fer, dont un exemplaire lui a été adressé par M. Prosper Tourneux, ancien élève de l'École polytechnique, chef de division au ministère des travaux publics, et secrétaire-rapporteur de cette Commission.

L'enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sûreté de l'exploitation sur les chemins de fer est une œuvre digne de toute l'estime des hommes compétents par les études qu'elle a produites ; elle est aussi un bon acte d'administration publique.

Dès l'origine elle avait éveillé les susceptibilités de ceux qui voient, sinon avec crainte, au moins avec défiance, l'intervention du Gouvernement dans les moyens techniques d'exploitation des entreprises de travaux publics. Autant la stabilité est désirable dans les lois qui intéressent l'ordre moral, autant doivent être provisoires et éphémères les règlements qui imposent à l'industrie des procédés, des appareils, des moyens matériels. Ceux-ci s'éteignent rapidement sous la double action du progrès de la science et du sentiment de la responsabilité qui nous donnent le courage de préférer, à des règlements surannés, des moyens plus efficaces. Plusieurs d'entre nous avaient donc vu, dans cette enquête, un nouvel effort pour réglementer l'art et le faire descendre, de la carrière du progrès, dans l'étroite enceinte de l'imitation. Nos craintes n'étaient pas motivées. L'enquête a été ce qu'elle devrait toujours être en pareil cas, quand c'est le Gouvernement qui la fait ; elle n'a été suivie, il est vrai, d'aucun règlement nouveau, mais elle a été beaucoup plus efficace. Entreprise en vue d'un intérêt qui justifie toujours l'initiative et l'action du Gouvernement, celui de la sécurité publique, elle a fait connaître les détails de toutes les exploitations de ce pays quant aux trois sujets principaux d'étude qui intéressent la sûreté de la circulation. La main-d'œuvre, d'abord, la part humaine de travail et d'attention à tirer des agents, a été examinée avec soin. Le travail était-il insuffisant ou excessif; le temps de présence était-il trop court ou trop prolongé pour affecter l'attention; les conditions d'hygiène et la nature du travail influaient-elles sur l'aptitude; l'habitude elle-même n'était-elle pas une cause d'indifférence ou d'inattention? Les recommandations de la Commission sont, à ces différents égards, tout ce que l'on pouvait attendre d'esprits éclairés et dégagés de prétentions.

Après la main-d'œuvre, les règlements furent examinés avec soin. Chaque Compagnie produisit les siens. Il fut constaté qu'ils n'étaient pas identiques, mais que le défaut d'identité ne portait que sur des détails. Ces règlements, issus, il est vrai, des Compagnies, avaient cependant été approuvés par l'administration, sur la proposition des ingénieurs chargés, par le Gouvernement, du contrôle des Compagnies; mais ce contrôle n'ayant pas été encore centralisé, ces ingénieurs avaient, comme ceux des Compagnies, des vues personnelles sur les règles propres à assurer la sécurité de marche des trains. La Commission avait également recueilli les règlements étrangers, et, à ce propos, une circonstance digne d'attention se produisit. L'identité qui n'existait pas dans les règlements français, sous un régime d'exploitation dans lequel le Gouvernement intervenait constamment, s'était produite en Angleterre sous un régime de liberté et d'initiative des Compagnies. Ainsi, en France, la réglementation variait, mais la responsabilité était atténuée, au moins moralement, par l'approbation du Gouvernement. En Angleterre, la réglementation avait pris un haut degré de fixité et d'identité, sous l'empire d'une responsabilité que n'atténue aucune intervention gouvernementale.

Les mœurs françaises, qui laissent une si large part au Gouvernement dans l'administration de tous les intérêts, ont étendu si loin la responsabilité civile en ce qui concerne les accidents dans les exploitations industrielles, que l'industrie est vivement intéressée à se mettre à couvert, autant que possible, par l'*observation des règlements*, et il est très probable que, si aux mots *inobservation des règlements* qui, dans nos lois, engagent la responsabilité des agents et de leurs chefs, on substituait ceux d'*inobservation des règles de l'art et de la prudence*, comme cela existe de fait en Angleterre, les tribunaux, qui sont peu aptes, par les méthodes d'instruction, à déterminer ces règles, seraient plus rigoureux encore sur les conséquences de la responsabilité.

Toujours est-il que l'enquête du Gouvernement a porté ses fruits, puisque, sous l'influence des travaux de la Commission, les Compagnies se sont entendues sur une nouvelle rédaction des règlements; plusieurs ont été éclaircis et simplifiés : ils sont à la portée des agents; leur identité permet au personnel d'une Compagnie d'entrer dans une autre exploitation, et il se forme ainsi un ensemble de notions devenues professionnelles pour les agents des services actifs.

Après la main-d'œuvre et les règlements venaient les appareils et les procédés, c'est-à-dire la voie, le matériel, les signaux, les clôtures et barrières, la télégraphie, etc. Dans cet ordre d'examen, les travaux de la Commission, bien que moins étendus, parce que l'élément administratif dominait dans sa composition, sont néanmoins précieux, même pour les ingénieurs.

En définitive, l'ensemble des travaux de la Commission forme, dans la grande industrie des chemins de fer, un traité indispensable aux exploitants, sur les principales questions du service. La Commission n'a rien formulé de nouveau en législation ou en réglementation, mais ce serait une grande erreur de croire que son action ait été pour cela moins efficace :

car ses discussions, ses interrogations, ont produit la réaction la plus favorable sur les hommes chargés de prendre l'initiative des règlements, et de ce moment date une amélioration sérieuse dans le Code des dispositions prescrites aux agents du service.

Nous compléterons ces éloges en signalant la parfaite urbanité, disons plutôt la bienveillance avec laquelle la Commission a procédé à l'enquête délicate et difficile qui lui était confiée. Ceux d'entre nous qui ont été entendus par elle ont été heureux d'y trouver une grande élévation de vues et un discernement très fin des limites auxquelles devait s'arrêter l'action gouvernementale pour laisser à l'industrie, avec sa responsabilité, tout l'avenir que lui offrent les progrès de la science et la liberté de les appliquer. Plût à Dieu que les derniers cahiers des charges, qui ont toujours été recueillant, dans leurs nombreux catalogues de dispositions techniques, tout ce que l'art accomplissait, codifiant ainsi la science la moins fixe, la plus jeune de toutes, celle des travaux de construction et de la mécanique, passassent devant de pareils juges!

Enfin, nous ne terminerons pas sans exprimer le désir de voir la réalisation d'une des conséquences des travaux de la Commission, celle qui a fait le plus de bien, à savoir : la publicité des documents remis à l'administration par les Compagnies. Il serait utile que l'œuvre si bien accomplie par le secrétaire-rapporteur de cette Commission fût continuée par lui, et que les Annales des mines ou celles des ponts et chaussées publiassent les règlements des Compagnies, qu'il continuerait à recueillir, et qui, après avoir reçu l'approbation du Gouvernement, prennent force d'exécution.

Cette publication, dirigée par un homme que son expérience et son aptitude placent si dignement dans un des plus grands services de l'administration publique, et dont le rapport qui nous est communiqué témoigne que cette Commission ne pouvait trouver un meilleur interprète, cette publication, disons-nous, ne peut rester interrompue; elle a pris les proportions d'une des statistiques les plus utiles et qui font le plus d'honneur à un Gouvernement : car, ainsi qu'on l'a dit dans une des réunions de notre Société, rien ne constate mieux le degré de civilisation d'un peuple que l'association du Gouvernement et des Compagnies dans l'étude des mesures qui ont pour but la protection de la vie humaine dans les travaux de l'industrie.

L'ordre du jour appelle ensuite la discussion du programme de la Commission des ingénieurs allemands sur les dispositions les plus utiles à introduire dans l'exécution des chemins de fer. Ce travail a été traduit et présenté à la Société par M. Félix Mathias.

Les premiers chapitres relatifs à la construction de la voie sont l'objet d'une discussion étendue dont le procès-verbal ne sera imprimé qu'après la clôture de la discussion.

SÉANCE DU 23 JUIN 1858.

Présidence de M. Faure, *vice-président.*

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des sociétaires, qui était, au 18 décembre 1857, de 450
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de 37

Ce qui porte ce nombre, au 18 juin 1858, à 487
Démissionnaire et rayé 2

Reste 485

Les versements effectués pendant le premier semestre 1858 se sont élevés à 7,611 90
Il reste à recouvrer en cotisations ou amendes. . . . 12,151 »

formant le total de ce qui était dû à la Société 19,762 90

Au 18 décembre 1857, le solde en caisse était de . . 2,700 25
Les versements effectués pendant le premier semestre 1858 se sont élevés à 7,611 90

Total . . . 10,312 15
Les dépenses du premier semestre 1858 se sont élevées à 5,983 25

Solde en caisse au 18 juin 1858 . . . . . 4,328 90

L'approbation des comptes du trésorier est mise aux voix et adoptée. M. le président remercie M. Loustau de son zèle et de sa bonne gestion.

M. Desnos présente ensuite à la Société un spécimen d'une machine, inventée par M. Saunier, pour affûter toutes espèces de scies droites ou circulaires, au moyen d'une meule en émeri faisant cinq à six cents révolutions par minute, et dont la jante est galbée suivant la denture de la scie.

Cette meule est supportée par un brancard mobile au moyen duquel on

peut régler à volonté son inclinaison. En appuyant sur ce brancard, que relève un contre-poids, l'ouvrier engage la meule entre chacune des dents consécutives de la scie.

Le support des scies droites se compose d'un chariot à mordaches, auquel on imprime à la main un mouvement rectiligne pour présenter successivement chaque dent à l'action de la meule; il peut être orienté suivant la voie à donner à la scie. Le support des scies circulaires peut également tourner sur un axe vertical. La lame y est fixée par un boulon, autour duquel on la fait tourner à la main chaque fois qu'une dent a été affûtée.

On affûte d'abord toutes les dents d'un côté de la lame, puis toutes celles de l'autre côté. L'opération est très rapide et réalise une grande économie de main-d'œuvre et d'outils.

Une machine de ce système fonctionne depuis un mois à l'arsenal de Toulon. Il y en a une montée depuis huit mois dans une scierie de Grenelle; elle est disposée pour ne pas démonter la lame de son châssis.

Un Membre objecte qu'on se sert, aux ateliers du chemin de fer du Nord, d'une meule semblable, mais qui n'est pas montée mécaniquement; c'est une meule ordinaire, devant laquelle l'ouvrier présente chaque dent de la scie à affûter. Avec cet appareil, quelle que soit l'habileté de l'ouvrier, on ne peut faire que le creusage de la dent, et il est nécessaire d'achever l'affûtage à la main. A son avis, cette machine peut rendre des services, mais seulement pour la première partie de l'opération.

On fait remarquer que le double mouvement du brancard et du châssis porte-lame permet d'obtenir toute inclinaison du biseau avec une régularité parfaite.

Le même Membre pense qu'il serait difficile de tailler à la meule le crochet que doivent présenter certaines scies à l'extrémité des dents.

M. Desnos répond que ce crochet s'obtient en faisant varier l'inclinaison de la meule. Il indique que le rapport de l'ingénieur de la marine sur les essais de l'arsenal de Toulon est explicite quant à l'emploi exclusif de la machine pour toute espèce de denture.

Un autre Membre est d'avis que certaines scies à denture très fines, les scies à métaux par exemple, ne pourraient pas être affûtées à la meule.

M. Borgella donne ensuite lecture par extrait de son Mémoire sur la fabrication des rails et autres pièces spéciales du matériel des chemins de fer.

MÉMOIRE N° II

Etude sur des changements de voies

PAR

M. RICHOUX.

INTRODUCTION.

Les dernières statistiques publiées par le Ministère des travaux publics font voir que les changements de voies ont produit, dans une période de 13 ans, les $\frac{15}{100}$ des déraillements ou chocs arrivés sur les chemins de fer, ou les $\frac{25}{100}$ du nombre d'accidents afférents au mauvais état de la voie (1). Elles montrent aussi que le prix de revient des changements de voies est d'environ 1200 fr. par kil. (2), soit pour les 7452 kilomètres livrés à l'exploitation une somme de 8,942,000 fr.; quant à la dépense d'entretien et de renouvellement, on peut l'évaluer sans exagération aux $\frac{15}{100}$ de la dépense de l'établissement, soit pour les lignes exploitées une somme an-

(1) Les accidents arrivés sur les chemins de fer français, du 7 septembre 1835 au 31 décembre 1854, peuvent se classer comme suit :

88 déraillements ou chocs occasionnés par le matériel;
67 déraillements provoqués par la rupture des rails ou des coussinets;
24 déraillements produits par des changements de voies;
et 113 chocs causés par le jeu défectueux des aiguilles.

(2) Le prix de revient d'établissement des changements de voies, évalué au kilomètre, est de 2121 fr. sur le Nord, de 1145 fr. sur Orléans et ses prolongements, de 1100 fr. sur l'Est.

nuelle de 1,341,300 fr. (1). L'importance de ces nombres nous a paru démontrer l'utilité d'une étude analytique des différents systèmes de changements de voies employés sur les chemins de fer français ou étrangers, dans le but d'arriver à la connaissance du système d'appareil le plus convenable, tant pour éviter les causes d'accidents que pour réduire au minimum la dépense afférente à ce chapitre du budget des chemins de fer. C'est l'ensemble de cette étude qui forme l'objet du présent mémoire.

CHANGEMENTS DE VOIE.

Un changement de voie est un appareil destiné à mettre en communication deux ou plusieurs voies, de telle sorte qu'un train puisse passer de l'une à l'autre sans qu'il y ait lieu de séparer les véhicules (fig. 1, pl. 1 *bis*).

Il se compose de rails disposés d'une manière spéciale pour diriger le train sur l'une des voies qu'il s'agit de réunir, et pour ménager le passage du boudin des roues aux points où les voies se coupent.

La disposition qui sert à donner aux trains la direction convenable constitue ce qu'on appelle le *changement*. Celui-ci est à deux ou trois voies, suivant le nombre des voies qu'il réunit.

L'arrangement spécial des rails aux points d'intersection des voies forme ce qu'on nomme le *croisement*.

On a donné le nom de *traversée* au croisement spécial résultant de l'intersection de deux voies qui ne sont pas reliées entre elles par un changement.

(1) L'entretien des changements de voies sur le réseau d'Orléans s'est élevé, de 1849 à 1852, à 35 fr. environ par kilomètre, ou à 29 fr. par changement, non compris le renouvellement des rails, coussinets et coins. Quant au renouvellement, la dépense en est très variable. Dans certaines gares, les aiguilles, les pointes et les contre-rails de pointes, en fer, ne durent que deux ou trois semaines; dans d'autres, leur durée est de cinq à six ans.

Changements à rails mobiles pour terrassements.

La disposition la plus simple qu'on puisse employer pour former un changement de voie consiste à rendre mobiles autour de leurs extrémités *a* (fig. 2) les rails qui précèdent la bifurcation, de manière à pouvoir les amener en face de l'une ou de l'autre des voies qu'il s'agit de desservir.

On assure la sécurité de la manœuvre en entretoisant ces rails mobiles ou aiguilles de manière à ce que leur écartement soit toujours égal à la largeur de la voie.

On voit que cette disposition peut s'appliquer, quel que soit le nombre des voies à raccorder.

Quand l'aiguille est prise dans un rail à double champignon, son axe de rotation se forme à l'aide d'un boulon vertical, ou plus simplement en fixant par une seule chevillette les coussinets du talon.

Quand l'aiguille est formée par un bridge-rail, ou un rail Vignole, son pivot est disposé comme l'indique la fig. 3.

A, disque en tôle rivé à l'extrémité de l'aiguille.

B B, tôle emboîtant le disque A; C D, E F, plates-bandes recouvrant le disque pour empêcher son soulèvement.

Inconvénients des changements à rails mobiles.

On voit que, si les aiguilles ne sont pas convenablement posées, il y a déraillement, quel que soit le sens de la marche des trains.

Pour remédier à cet inconvénient, on forme l'aiguille avec deux rails parallèles (fig. 4). De cette manière, les trains marchant de A vers B trouvent toujours une voie continue; mais il y a encore lacune et déraillement lorsque les trains, venant de B vers A, trouvent les aiguilles mal placées.

Changement à rails mobiles et à contre-rails fixes.

M. Poiret a proposé une disposition qui permet de faire disparaître cette cause de déraillement. A cet effet, il adapte aux coussinets de

glissement de l'appareil (fig. 5) un contre-rail fixe *at*, dont le niveau est supérieur à celui des aiguilles.

Il résulte de cette disposition qu'un train allant de B vers C sur la voie déviée *cd*, *ef*, a les boudins de ses roues pris entre le contre-rail fixe et les aiguilles : pour continuer sa marche, il est donc obligé de déplacer ces aiguilles et de les ramener à la position convenable. Mais il faut remarquer que ce déplacement est produit par l'action du boudin des roues, et qu'il change de grandeur avec l'épaisseur très variable de ces mêmes boudins. Il pourra donc arriver que le rail *gh* faisant suite au changement, ne soit pas entièrement masqué par l'aiguille ; ce fait engendrera des chocs et pourra causer des déraillements.

En résumé, ce changement, qui a pour avantages de ne faire servir à la confection des aiguilles que des rails non rabotés et de les soustraire à l'action destructive des bords des bandages, paraît d'un emploi dangereux sur les voies parcourues à grande vitesse.

Changement à contre-rails mobiles.

Les déraillements possibles avec le changement à rails mobiles étant dus à l'interruption des rails de la voie, on a cherché un système qui fît disparaître cette interruption. A cet effet, on a posé sans lacune les files de rails *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* (fig. 6), extérieurs aux deux voies, puis on a prolongé les files de rails intérieurs *lm*, *np*, jusqu'à ce que leur distance aux deux premières fût justement suffisante pour laisser le passage du boudin des roues ; enfin l'on a dirigé les trains sur l'une ou l'autre des voies au moyen de deux aiguilles GG′, HH′, en fer à cornières recourbées à leurs deux extrémités, et mobiles autour des boulons *o*, *o*′. Les aiguilles sont plus hautes que les rails de H en *r* et de G en *r*′ ; mais à partir de ces points elles s'infléchissent pour former un plan incliné, ainsi que le montre la coupe X X.

Lorsque les aiguilles occupent la position indiquée par les lignes pleines, le convoi, marchant de *d* vers *f*, reste dirigé sur la voie

droite; lorsqu'elles occupent la position figurée en lignes ponctuées, le convoi prend la voie courbe ou déviation.

Pour se rendre compte de cet effet, considérons une paire de roues A B placée sur la voie unique V V', et marchant de *a* vers *c*. Si les aiguilles sont disposées comme l'indiquent les lignes ponctuées, le boudin de la roue arrivé en tête de l'aiguille sera dirigé par celle-ci le long du rail *a*, *b*, *c*, de la voie courbe; la roue B, fixée sur le même essieu que la première, suivra la file de rails *n p* parallèle à *b*, *c*, et le train tout entier s'engagera sur la déviation.

Au lieu de marcher de *a* en *c* sur la voie unique, le train pourrait être dirigé de *c* vers *a* sur la déviation : voyons ce qui se passerait alors si les aiguilles étaient placées comme le montrent les traits pleins de la figure.

Le boudin des roues, arrivé en *n*, rencontrerait le plan incliné H'*r*, monterait dessus, puis tomberait dans l'ornière qui existe entre l'aiguille et le rail pour reprendre sa marche en ligne droite. En général, ce passage a lieu sans déraillement, mais on ressent toujours une forte secousse.

Ces appareils sont ordinairement posés en déviation, mais il arrive quelquefois qu'on est obligé de les poser à la jonction de deux voies courbes d'un petit rayon; dans ce cas, les déraillements sont à craindre. On voit, en effet, qu'un véhicule marchant à grande vitesse sur le plan incliné de l'aiguille ne rencontrera aucun obstacle capable de combattre l'action de la force centrifuge. Cette force tend à le faire marcher en ligne droite, c'est-à-dire à lui faire franchir l'ornière; et celle-ci, prise presque perpendiculairement, ne laisse qu'un espace trop étroit pour loger les boudins des roues, qui la franchissent et produisent le déraillement.

Il convient donc, dans l'intérêt de la sécurité de la marche des trains, d'éviter autant que possible la pose de ces aiguilles sur des voies courbes, et de les placer toujours de manière à ce que les rails fixes, *l m*, *n p*, se trouvent pris par la pointe pour le sens ordinaire de la marche des trains.

Comparaison des changements à rails et à contre-rails mobiles.

Quand on compare cet appareil et le précédent, on voit qu'ils agissent d'une manière très différente sur les roues. En effet, les aiguilles dirigent les véhicules en portant une des files de roues, tandis que les contre-rails les conduisent sans rien porter.

Dans le premier cas, les tringles d'écartement entraînent l'aiguille qui n'est pas chargée; dans le second cas, elles ont à résister aux efforts qu'exercent les véhicules dont on veut changer la direction; les unes, n'éprouvant aucune fatigue, n'ont pas besoin d'entretien; les autres, tendant à s'écraser et à disloquer les assemblages, exigent des soins continuels; car si le jeu qu'elles peuvent prendre devenait suffisant pour démasquer la pointe, il y aurait déraillement.

D'un autre côté, les contre-rails ne rachètent sur la déviation qu'une ordonnée de 0m.055, c'est-à-dire l'espace strictement nécessaire au passage du boudin des roues, augmenté de l'épaisseur de la pointe, tandis que les aiguilles ont à racheter cette même ordonnée augmentée de leur propre épaisseur, soit 0m.11; ainsi, à égalité de longueur, la déviation produite par les contre-rails est beaucoup moins brusque que celle donnée par les aiguilles : par suite, quelques ingénieurs ont une tendance à revenir à ces premiers appareils; mais cette tendance est mal justifiée, puisqu'on peut toujours augmenter la longueur de l'aiguille effilée.

Changement de Stephenson à une seule aiguille.

Pour diminuer les chances de déraillement dues au système de changement que nous venons de décrire, Stephenson a eu l'idée d'immobiliser l'une des aiguilles H H', de supprimer l'autre G G', d'allonger le rail *l m* et de lui donner un mouvement de rotation autour du point *m*, constituant ainsi l'appareil (fig. 7).

Le rail A B est entaillé de manière à recevoir l'aiguille G H et lui

conserver une force suffisante, malgré l'amincissement qu'on lui fait subir.

Le contre-rail C D est évasé à ses extrémités, d'une part, pour diriger le boudin des roues et garantir des chocs la pointe de l'aiguille; d'autre part, pour protéger dans le sens de la marche inverse l'enclave de l'aiguille qui se présente en saillie devant le boudin de la roue et peut la faire sauter par-dessus le rail.

La manœuvre s'opère à l'aide d'un levier à contre-poids qui tient l'aiguille constamment appliquée contre le rail A B.

Avec cette nouvelle disposition, un train marchant sur la voie unique vers la bifurcation se trouve dirigé sur la voie oblique.

Lorsqu'on veut le faire passer sur la voie droite, on soulève le levier de manœuvre pour amener l'aiguille à la position indiquée en ponctués.

Dans la marche en sens inverse, le train qui suit la voie oblique passe sans obstacle, et l'aiguilleur n'a pas besoin de tenir l'aiguille ouverte : s'il prend la voie droite, le passage s'opère encore sans difficulté, les boudins des roues écartant l'aiguille en soulevant le contre-poids. Dans l'un et l'autre cas il n'y a pas de déraillement.

Cet appareil a les défauts suivants :

La pointe fixe, très effilée, n'a pas une section suffisante pour résister à la pression des roues qu'elle doit porter et s'écrase promptement.

La lacune qui suit la pointe est très large, elle se présente dans toute son étendue lorsque les wagons suivent la voie rectiligne; les bandages, n'étant plus supportés, tombent, et l'on reçoit une forte secousse.

Changement à aiguilles inégales.

Cette considération a conduit à remplacer la pointe E F par une aiguille analogue à la première, mais plus courte, c'est-à-dire à l'appareil (fig. 8) qui est encore appliqué aujourd'hui.

L'aiguille, comme l'indique la figure, n'a pas partout la même

section; elle est rabotée en biseau à son extrémité, de façon à se loger dans le rail sans faire saillie sur l'enclave.

Pour ne pas trop affaiblir le rail, on ne donne à l'enclave qu'une largeur de 10 à 15 millimètres.

Inutilité du contre-rail.

Nous verrons plus loin qu'on est parvenu à supprimer l'enclave destinée à loger l'extrémité de la grande aiguille; dès lors le contre-rail, destiné à protéger cette enclave, est devenu sans objet.

Cette inutilité était d'ailleurs complétement démontrée par le changement symétrique et par le changement à trois voies, dans lesquels il y avait plusieurs enclaves, mais où l'incompatibilité du jeu des aiguilles et du contre-rail avait fait renoncer à son emploi sans que cette circonstance eût amené d'accidents.

Le contre-rail est inutile, il est même souvent nuisible; en effet, pour qu'il soit efficace, sa distance au rail de la voie ne doit pas dépasser $0^{m}.05$; or, avec les machines actuelles, dont l'écartement des essieux atteint jusqu'à $5^{m}.40$, la déviation ne peut être suivie sans que la locomotive pivote autour de sa paire de roues moyennes; dans ce mouvement une des roues d'arrière vient buter sur le contre-rail, et une des roues d'avant est portée vers le rail; dès lors, si la déviation est d'une forte courbure, le bâti de la machine agit comme un ressort et tend, soit à faire sauter les roues d'avant par-dessus le rail, soit à briser celui-ci; dans l'un et l'autre cas il y a déraillement.

Nous avons montré comment, par une série de modifications apportées au changement à deux voies, on avait été conduit au changement à deux aiguilles inégales (fig. 8).

Changement à aiguilles égales.

La tendance actuelle est de remplacer ces appareils par des changements à aiguilles égales.

Ce remplacement est toujours possible, pourvu que la distance qui sépare le rail du talon de l'aiguille ne soit pas trop grande.

Comparaison du changement à aiguilles égales et du changement à aiguilles inégales.

On a repoussé cet emploi en se fondant sur le raisonnement suivant :

« Supposons qu'une petite pierre se trouvant sur la voie ait empêché la fermeture complète de l'aiguille, ou bien que les deux aiguilles se tiennent dans une position intermédiaire entre les deux positions normales, ou encore que le mécanisme rouillé ne fonctionne qu'imparfaitement.

Le bourrelet de la paire de roues placée en tête de la machine s'engageant alors derrière l'aiguille de la voie oblique, et sur la voie rectiligne, poussera cette aiguille de ce côté, et la petite aiguille, suivant la grande, viendra s'appliquer contre le rail fixe.

La roue jumelle, ne rencontrant alors la pointe de la petite aiguille que lorsque la première roue aura dépassé celle de la grande, marchera sur la voie rectiligne aussi bien que l'autre. Si, au contraire, les deux roues arrivent en même temps vis-à-vis des pointes des deux aiguilles, l'une suivra la voie rectiligne et l'autre la voie courbe. »

Cette objection n'est pas d'une valeur absolue, car il y a presque toujours des agents spéciaux pour la manœuvre des aiguilles, et lorsqu'il n'y en a pas, c'est que le changement est placé sur la voie principale, loin d'une station, et alors on fixe le levier de manœuvre par une chaîne cadenassée, de manière à fermer la voie déviée, sans mouvement possible des aiguilles.

Les changements à aiguilles inégales doivent toujours être posés de telle sorte que la petite aiguille soit sur la voie droite ; s'il en était autrement, la déviation serait trop brusque et pourrait donner lieu à des déraillements. On est donc forcément obligé d'avoir recours au changement à aiguilles égales lorsqu'on doit réunir deux voies courbes de sens contraire.

Ce changement à aiguilles égales s'appelle aussi *changement symétrique* par opposition au premier, qu'on nomme *déviation*.

Lorsque, dans un changement à aiguilles inégales, la voie droite est plus parcourue que la voie déviée, la petite aiguille, placée sur la voie droite, dure plus longtemps que ne le ferait une grande, attendu qu'elle est moins affaiblie par le rabotage; mais cet avantage est en partie contre-balancé par l'élargissement de la voie (fig. 9), qui donne lieu à des chocs.

En résumé, le changement à aiguilles égales n'ayant pas d'inconvénients bien réels, et permettant de réduire à un seul type tous les changements qui entrent dans la construction des voies, presque toutes les compagnies adoptent exclusivement ce système.

Changement pour embranchements à aiguilles rabotées.

Lorsqu'une déviation doit être passée en vitesse, on la rend moins brusque en augmentant la longueur des aiguilles; mais comme la longueur du rabotage suit la même progression, la résistance des aiguilles est notablement diminuée; et l'on est conduit à les armer d'une cornière (fig. 10) qui empêche leur voilement : car il faut observer que, lorsque les machines ouvrent les aiguilles en les abordant par le talon, l'une de ces aiguilles se déplace tout en portant les roues qui cheminent sur elle.

M. Flachat a adopté cette disposition pour le raccordement des chemins de fer de Versailles R. D. et R. G. à Viroflay : la grande aiguille a 7 mètres, la petite 5 mètres.

Changement pour embranchements à rails mobiles.

Le problème a été résolu autrement sur la ligne de Saint-Germain, du temps où cette ligne et celle de Versailles R. D. avaient une voie de départ commune se bifurquant à Asnières (fig. 11) et deux voies de retour placées à droite et à gauche de la voie d'aller.

Le changement adopté par M. Clapeyron fut le changement à rails mobiles (fig. 4); cet appareil permit de produire la déviation sans changer le rayon des courbes de la voie, qui était de 1000m, tout en supprimant le rabotage des aiguilles.

Il est à noter que ce changement n'a jamais occasionné de déraillements, malgré les nombreuses manœuvres qu'il a dû effectuer, principalement les jours de fêtes à Asnières.

Cette disposition pourrait encore s'employer, dans les chemins actuels, à la bifurcation de *la voie de départ* d'une ligne à deux voies.

Les deux changements que nous venons de décrire ont disparu dès que les lignes de Versailles R. D. et de Saint-Germain ont eu chacune leur voie de départ.

RABOTAGE DES AIGUILLES.

Rabotage avec rail entaillé.

Les premières aiguilles étaient rabotées dans toute leur hauteur et sur les deux faces; on protégeait leur pointe en entaillant de 15 à 20 millimètres le rail voisin (fig. 15, pl. 2).

Rabotage avec rail contre-coudé.

Lorsqu'on a voulu supprimer le contre-rail protecteur de l'enclave, on a contre-coudé le rail adossé à l'aiguille (fig. 16); mais cette disposition aussi bien que la précédente donnent lieu à des chocs à la pointe.

Rabotage Wild.

Wild fait disparaître tous les inconvénients inhérents à ces deux systèmes de rabotage, en coupant l'aiguille de telle sorte que son

extrémité puisse se loger sous le champignon du rail pour n'apparaître dans le plan de roulement qu'au point où sa section devient suffisante pour résister à l'action des roues (fig. 17).

Rabotage Richardson.

Dans le même but, Richardson a imaginé d'infléchir l'extrémité de l'aiguille dans un plan vertical, pour loger ses deux champignons sous ceux du rail (fig. 18 et 19). Il obtient ainsi une augmentation de section dans la partie rabotée des aiguilles à champignon bien épaulé (fig. 18); mais, pour les autres formes d'aiguilles, la portion du champignon restant après le rabotage ne tient au corps du rail que par une bande de métal de 3 à 4 millim. d'épaisseur (fig. 19), de telle sorte que cette disposition trouve rarement son application.

Différentes formes d'aiguilles.

Les aiguilles peuvent être prises dans deux types de rails bien distincts, le rail à double champignon et le rail à patte.

Au premier type se rapporte le rail à section rectangulaire (fig. 21), et au second le rail Brunel (fig. 23), le rail Vignole (fig. 24), et le rail Burleigh (fig. 20). Pour juger des avantages respectifs de ces différentes formes, examinons la marche d'une machine sur un changement :

1° Lorsque le changement fermé est abordé par le talon des aiguilles;

2° Quand le changement, ouvert sur la déviation, est abordé par la pointe.

Dans le premier cas, les boudins des roues déplacent les aiguilles, et l'une d'elles se meut en portant les roues qui cheminent à sa surface (1).

(1) Il est bon de remarquer qu'une fois que la première paire de roues a dépassé la pointe de l'aiguille, le contre-poids du levier de manœuvre la ramène à sa position initiale, et que ce mouvement de va-et-vient s'accomplit au passage de chaque roue, à moins que l'aiguilleur ne s'y oppose en maintenant le levier.

Ce déplacement ne s'accomplit pas sans résistance et sans que les aiguilles tendent à fléchir; à ce point de vue, la forme qui leur convient le mieux est celle du rail à patte.

Dans le second cas, le point de contact des rails et des roues, situé d'abord sur la ligne moyenne du bandage, passe rapidement à son extrémité pour revenir sur la ligne moyenne.

Or, le bandage s'use et prend la forme d'un arc de cercle dont la flèche peut atteindre jusqu'à $0^{m}.01$ avant qu'on vienne la faire disparaître; par suite, le déplacement rapide du point de contact des bandages produit un mouvement brusque du centre de gravité du véhicule et une secousse d'autant plus forte que la vitesse est plus grande.

Enfin, l'intersection de l'arc d'usure et de la surface primitive du bandage se présente sous la forme d'une bavure qui ne tarde pas à détruire les surfaces qu'elle rencontre.

D'après ces considérations, l'aiguille Burleigh (fig. 20), dont la nervure supérieure porte le boudin des roues, n'a pas d'inconvénients; mais il faut remarquer que les boudins ne tardent pas à creuser un sillon qui devient assez profond, soit pour rompre la nervure, soit pour reporter la pression sur la surface de roulement ordinaire. Dans les deux cas l'aiguille a perdu les avantages qu'on en attendait.

Toutes les autres formes d'aiguilles étant dans les mêmes conditions par rapport aux effets que nous venons de considérer, la meilleure est celle dont le poids ou le prix est le moindre et dont la section donne la plus grande résistance transversale.

A ce point de vue, on peut exclure les aiguilles Brunel et en fer carré pour conserver l'aiguille en rail Vignole. Celle-ci a d'ailleurs l'avantage de reposer sur les glissières par une base plane, et par conséquent de ne pouvoir se déverser ainsi que le font les rails à double champignon, dont la base courbe est en équilibre instable.

En résumé, le rail Vignole est de tous les rails celui dont la forme convient le mieux à la confection des aiguilles.

Usure des aiguilles.

L'expérience montre que les aiguilles périssent par l'exfoliation de leur surface de roulement, et que cette action est localisée à la pointe, c'est-à-dire dans la partie réduite en largeur par le rabotage.

Il faut donc, ou soustraire cette surface à l'action des roues, ou l'augmenter en largeur, ou enfin la durcir.

Il n'y a que la forme imaginée par Burleigh qui puisse soustraire la surface de l'aiguille à l'action des bandages, et ce n'est que pour peu de temps.

L'augmentation de largeur s'obtient avec une aiguille de forme quelconque, en contre-coudant le rail qui lui est adossé ; mais cette augmentation est faible, bien qu'on ne puisse la négliger. Le triangle *a b c* de la figure 24 montre l'augmentation ainsi obtenue.

Enfin le durcissement de la surface s'obtient soit par la cémentation, soit par une mise d'acier fondu.

L'expérience montre que la cémentation ne réussit que très imparfaitement sur les rails ordinaires, c'est-à-dire que leur surface de roulement s'égrène en très peu de temps. Pour obtenir de bons résultats, il faut employer des rails en fer au bois, qui, cémentés, reviennent à un prix aussi élevé que les rails en acier puddlé ou Verdié.

La mise d'acier réussit assez bien, et le chemin du Nord l'a longtemps employée ; mais il revient aujourd'hui à l'acier puddlé et à l'acier fondu.

Le chemin de fer des Ardennes a fait ses changements et ses croisements en acier Verdié, c'est-à-dire avec des rails composés d'un paquet en fer avec couverte en acier fondu ; la soudure de ces deux métaux est obtenue en coulant l'acier dans une matrice sur le fer rouge préalablement decapé au borax, puis en martelant et laminant le paquet.

Cette disposition est un moyen terme excellent et économique en-

tre les rails en acier puddlé, qui sont rarement homogènes, et les rails en acier fondu, dont le prix est beaucoup plus élevé; malheureusement M. Verdié n'a pas encore une fabrication montée sur une échelle suffisante pour satisfaire à toutes les demandes.

On n'a pas encore d'expériences concluantes sur la valeur relative au point de vue de la durée des rails en fer, acier puddlé et acier fondu, mais on peut considérer les résultats obtenus sur les bandages comme s'appliquant suffisamment aux rails; or, les expériences faites en Allemagne sur le parcours des roues avec bandages en fer, en acier puddlé et en acier fondu, montrent qu'un bandage parcourt, pour s'user de 3 millim.,

En fer.	25,000 kilom.
En acier puddlé. . . .	43,000
En acier fondu. . . .	150,000

(Muntz. Extrait du journal *L'Ingénieur*.)

c'est-à-dire que leurs durées respectives sont entre elles comme

1:1,7:6.

Les prix, déduction faite de la valeur de revente des vieux matériaux, étant entre eux comme 1:1,44:2,82, il n'y a pas d'hésitation possible sur les résultats qu'on doit attendre de la substitution de l'acier fondu au fer dans la construction des changements de voies.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION DES CHANGEMENTS DE VOIES.

Coussinets de glissement.

Les aiguilles devant se déplacer par l'action des boudins des roues, on leur facilite ce mouvement en les faisant reposer soit sur des platines en fer, soit sur des pièces de fonte; dans ce dernier

cas, on ajoute au plan de glissement une nervure verticale servant à fixer le rail (fig. 25, pl. 3).

Axe de rotation des aiguilles. Coussinet de talon.

Lorsque l'aiguille a la forme d'un rail à double champignon, il y a souvent un coussinet de talon à deux chambres; l'une de ces chambres reçoit l'aiguille et le rail qui lui fait suite; l'autre contient le rail de la voie. L'extrémité de l'aiguille est retenue par un boulon horizontal qui permet le jeu nécessaire au mouvement de rotation (fig. 26.)

Quand la voie est éclissée, le pivot de l'aiguille est formé par un coussinet et une éclisse spéciale. La fig. 27 indique cette disposition appliquée à un changement à deux voies, et la fig. 28 celle relative aux changements à trois voies.

Lorsque l'aiguille a la forme d'un rail à patte, on a quelquefois remplacé le coussinet de talon par un disque de tôle entrant avec un faible jeu dans une plaque convenablement découpée; cette disposition a bien réussi (fig. 3, pl. 1).

Suppression de coussinet du talon et remplacement par une paire d'éclisses.

En Allemagne, on a depuis longtemps supprimé le coussinet de talon, et on l'a remplacé par deux éclisses analogues à celles de la fig. 27. Cette disposition commence à s'employer en France.

Boutons heurtoirs.

Pour diminuer la fatigue des aiguilles sous l'action des pressions exercées par les boudins des roues, on a fixé, soit aux coussinets de glissement, soit aux rails de la voie, des boulons qui s'opposent à leur voilement.

Tringles d'écartement.

Les deux aiguilles devant obéir simultanément à la manœuvre,

on les a reliées par des tringles horizontales ou tringles d'écartement.

Ces tringles sont quelquefois filetées à leurs deux extrémités, et s'attachent directement aux deux aiguilles; mais il est plus commode de ne les fixer de cette manière qu'à l'une des aiguilles et de les relier à l'autre par l'intermédiaire d'un boulon à fourchette.

Les fig. 12, 13, 14, pl. 1 et 2, représentent différents changements construits avec des rails à double champignon, Burleigh et Vignole; ces dessins et les discussions précédentes doivent suffire pour faire comprendre les mérites et les vices inhérents à chacune de ces dispositions. Nous nous bornerons à faire remarquer celle de la fig. 14, dans laquelle on a supprimé les coussinets, ainsi qu'on le pratique depuis longtemps en Allemagne; dans ce système, pour lequel M. Lemasson a pris un brevet, les coussinets sont remplacés par des cornières, et le coussinet de talon par une paire d'éclisses.

Les rails infléchis et les aiguilles sont en fer carré provenant d'un paquet de riblons bien martelé; mais on n'a employé ces fers que dans les parties soumises à une usure rapide.

Il eût certainement mieux valu consacrer l'excès de dépense résultant de cette forme de rail à faire une aiguille en acier fondu : quoi qu'il en soit, l'appareil est très bon, très économique d'établissement et surtout d'entretien, car il supprime toutes les pièces qui peuvent se rompre, et réduit à leur minimum de longueur celles qui s'usent.

Généralement les coussinets sont fixés sur des traverses dont les positions relatives sont maintenues à l'aide de deux longrines placées par-dessus ou par-dessous (fig. 8, 14 et 29).

Il est préférable de fixer les coussinets sur les longrines et de se servir des traverses pour entretoiser le système, ainsi qu'on le fait forcément pour les changements en rails Brunel (fig. 30 et 36).

Cette disposition augmente la solidarité des différentes parties de l'appareil et permet le transport au lieu de pose sans démontage préalable.

L'entretien devient également plus facile, puisqu'il suffit de déplacer quelques boulons pour déposer ou reposer le changement.

CHANGEMENTS A TROIS VOIES.

Le plus simple des changements à trois voies se forme, comme le changement à deux voies, en faisant pivoter autour de l'une de leurs extrémités les deux rails de la voie unique.

Quelle que soit la position de ces rails, deux des voies sont interrompues, et un train qui s'y engagerait déraillerait forcément.

Il a donc fallu remplacer les rails mobiles de cet appareil par des aiguilles effilées de longueurs inégales. Ces dernières peuvent se disposer de trois manières différentes par rapport aux voies qu'elles commandent, savoir :

Les petites aiguilles commandent la voie du milieu ou voie droite (fig. 31, pl. 3).

Les petites aiguilles commandent les voies extérieures ou déviations (fig. 32).

Une petite aiguille commande la voie droite et l'autre la déviation (fig. 33).

Les petites aiguilles ont généralement $3^{m}.60$ de longueur, et les grandes 5^{m}; par suite, la première disposition donne lieu à un élargissement de $0^{m}.06$ mesuré à la pointe des petites aiguilles et la voie droite; la seconde réduit cet élargissement à $0^{m}.03$ et le place sur les déviations; enfin la troisième le supprime complétement (1).

(1) En effet, l'élargissement de la voie porte son gabarit intérieur de $1^{m}.44$ à $1^{m}.50$, et d'un autre côté (fig. 30 *bis*), la distance *a b* de l'un des boudins des bandages à la face extérieure de l'autre bandage est généralement de $1^{m}.50$, et peut être portée à $1^{m}.49$ par l'usure de boudins. On comprend que, pour qu'il y ait déraillement dans ces conditions, il faut qu'une circonstance toute particulière pousse les véhicules circulant sur la voie droite de telle sorte que les boudins viennent appliquer contre les rails; néanmoins il est encore un certain nombre de véhicules appartenant aux anciens matériels dont la cote de calage est encore plus petite que la précédente, et, dans ce cas, les déraillements seraient très fréquents, si l'on ne réduisait à $1^{m}.44$ la largeur intérieure de la voie, à l'entrée du chargement, et à $0^{m}.045$, au lieu de $0^{m}.05$, le vide laissé entre les aiguilles et entre l'aiguille et le rail. C'est ce qu'on a été obligé de faire au Nord, pour éviter le déraillement des wagons belges.

Dans le premier cas, les wagons peuvent tomber dans la voie; dans le second cas, la déviation est un peu plus douce que dans le premier, parce qu'elle est commandée par la grande aiguille et achevée par la petite; dans le troisième cas, l'une des déviations est produite comme dans le premier, et l'autre comme dans le second.

Dans la première disposition, les grandes aiguilles sont moins affaiblies par le rabotage que dans la seconde, attendu qu'elles n'ont à racheter qu'une ordonnée moitié moindre que dans le second; il en est de même pour les petites aiguilles, parce qu'elles trouvent leur logement tout préparé entre le rail et la grande aiguille.

La troisième disposition est semblable à la première pour l'un des côtés des voies, et semblable à la seconde pour l'autre côté.

Quel que soit le dispositif adopté, la petite aiguille est toujours moins affaiblie par le rabotage que la grande, et par conséquent il y a quelque intérêt à la placer sur la direction la plus parcourue.

Il convient de faire observer ici que l'élargissement de la voie résultant de la première disposition peut être diminué en réduisant la différence de longueur des aiguilles (fig. 34). Quand cette différence n'est que de $0^{m}.70$, l'élargissement de la voie est réduit à $0^{m},020$.

On peut donc dire que ce changement, au point de vue des déraillements possibles, se présente dans d'aussi bonnes conditions que les changements de la troisième espèce. Il est meilleur que le second et que le troisième, relativement à la durée des aiguilles, attendu que la direction la plus parcourue est généralement celle de la voie rectiligne.

Les fig. 35 et 36 indiquent deux changements construits, l'un en rails à double champignon, l'autre en rails Brunel; nous ne nous arrêterons pas sur leurs détails de construction, qui ne diffèrent en rien de ceux des changements à deux voies. Nous nous bornerons à rappeler la disposition des cornières substituées par M. Lemasson aux coussinets, et à repousser l'emploi des aiguilles en fer carré, dont les fig. 37 et 38, pl. 4, indiquent les sections rabotées.

MANOEUVRE DES CHANGEMENTS DE VOIES.

Les premiers changements de voies furent manœuvrés par des excentriques ou des manivelles (fig. 39 et 40, pl. 4). Ces dispositions étaient nécessaires pour les changements à contre-rails, car ce sont les seules qui rendent les aiguilles complétement immobiles; mais, pour les changements à aiguilles ordinaires, elles donnent lieu à des frottements considérables et n'indiquent pas, à première vue, quand la voie est ouverte ou fermée. C'est ce qui a conduit à les remplacer par un levier courbe portant un contre-poids à son extrémité (fig. 41).

Dans ce système, le contre-poids ne peut se maintenir qu'autant qu'il est levé et soutenu par l'aiguilleur.

Cette espèce de levier convient toutes les fois que l'on ne passe qu'exceptionnellement sur la voie correspondante à la position du contre-poids soulevé; elle devient dangereuse, pour des trains prenant les aiguilles en pointe, quand l'aiguilleur vient à abandonner le levier avant que la totalité du convoi soit sorti du changement, puisqu'alors une partie suit la voie oblique et l'autre la voie rectiligne.

Aujourd'hui on fixe le contre-poids sur une barre de fer (fig. 42 et 43) qui s'assemble à douille avec le levier, de sorte que, pour déplacer les aiguilles, on n'a plus qu'à faire tourner le contre-poids.

Une broche à poignée, traversant la douille et le levier, permet de fixer le contre-poids dans la position qu'il doit occuper.

Si l'une des voies n'est parcourue qu'accidentellement, on rive le contre-poids ou bien l'on se sert du levier système Perret, dans lequel le contre-poids est attaché à un pendule (fig. 44).

Cette disposition rend la manœuvre très commode lorsqu'il s'agit d'ouvrir la déviation, l'aiguilleur pouvant diminuer l'action du contre-poids en le rapprochant du levier. Quand ce levier doit servir à la manœuvre d'un changement placé sur une voie principale et pris en pointe, on remplace le cadenas par la came A.

Les changements à trois voies se manœuvrent au moyen de deux leviers semblables à ceux que nous venons de décrire, seulement on leur donne le même axe de rotation et on les fixe sur une même boîte en fonte.

Règlements concernant la manœuvre des aiguilles.

Les Compagnies ont coutume de réglementer les conditions de manœuvre des aiguilles par des ordres de service dont les dispositions principales suivent.

Lorsqu'un signal à distance est manœuvré pour protéger un mouvement, les aiguilleurs ne doivent permettre ce mouvement qu'après s'être assurés qu'aucune machine ou aucun train n'est engagé entre le signal et les aiguilles.

Lorsqu'un train doit franchir, en les abordant par la pointe, des aiguilles à contre-poids fixe établies sur une voie principale, le levier de ces aiguilles doit être maintenu pendant tout le temps du passage du train.

Lorsqu'un train abordant une aiguille par le talon vient à s'arrêter sur cette aiguille, l'aiguilleur doit la soutenir constamment pour éviter le déraillement, qui se produirait si le train venait à reculer sur l'aiguille abandonnée à elle-même.

Toute aiguille qui a été manœuvrée soit à la main, soit par un train, doit être examinée par l'aiguilleur, qui s'assurera qu'elle a bien repris sa position normale.

Il est formellement interdit de changer la position d'une aiguille sur laquelle une machine ou un train est engagé.

Les aiguilleurs doivent veiller à ce que les mouvements des trains, abordant les aiguilles par les pointes, s'exécutent à petite vitesse et avec la plus grande prudence.

CROISEMENTS DE VOIES.

Croisement à rail mobile pour voies de terrassements.

Le croisement le plus simple consiste en un rail ordinaire AA (fig. 45) portant à son milieu et à ses extrémités des coussinets. Le coussinet du milieu ou celui d'une extrémité n'est fixé que par une chevillette qui lui sert d'axe de rotation.

On maintient en place le rail mobile en fixant les coussinets extrêmes au moyen de chevillettes; cette disposition, qui ne laisse le passage libre qu'à une seule voie, n'est plus usitée que dans les travaux de terrassements. La fig. 46 indique une autre disposition de croisement à rail mobile qui permet de ne pas interrompre la voie principale.

Croisement avec pattes de lièvre.

Pour laisser un libre passage aux boudins des roues quelle que soit la voie sur laquelle ils s'engagent, on coude les rails *aa*, *bb* (fig. 47), à partir du point *f*, où leur écartement n'est plus que de $0^{m}.005$, et on les recourbe de manière à les faire servir de contre-rails.

Les deux autres rails *fc*, *gd*, ou pattes de lièvre, se continuent jusque vers un point peu éloigné de l'intersection des faces extérieures de leurs champignons.

Les deux rails assemblés forment ce qu'on appelle la pointe ou le cœur.

L'interruption de la voie à la pointe *e* nécessite l'emploi de deux contre-rails pour diriger le mouvement des roues et empêcher leurs boudins de venir choquer la pointe ou de prendre une voie autre que celle qu'ils doivent suivre.

On voit qu'entre les points *e* et *f* il y a un espace où les bandages cessent d'appuyer sur le bord du rail.

Ce mode de roulement est anormal et fatigue le matériel; il con-

vient donc de diminuer l'espace *ef*, en faisant l'angle du croisement le moins aigu possible tout en prenant un rayon suffisant pour les courbes de raccordement.

Cet angle est d'environ 5° 30′ pour les changements à deux voies et pour des courbes de 300 mètres.

La pointe, et surtout les rails coudés, qui sont pris en travers par la bavure des bandages des roues, s'usant très rapidement, on a été conduit à les cémenter ou à les faire en acier. La fig. 52 indique ce mode de détérioration; elle a été relevée sur un croisement du Nord placé à Douai.

Croisement à pattes de lièvre mobiles.

Au chemin de Newcastle à Carlisle, on a cherché à supprimer l'interruption des rails en rendant mobiles les deux portions de rails formant contre-rails à la pointe et en les appuyant contre celle-ci par des ressorts (fig. 48).

Cet appareil est sujet à se déranger, et son usage ne s'est pas répandu.

Croisement d'Asnières à rails mobiles.

A Asnières, au point de bifurcation des chemins de Versailles et de Saint-Germain, les trains marchant avec une grande vitesse, on a été forcé de rendre la déviation très douce; avec les appareils ordinaires, le croisement eût été très aigu et aurait présenté une interruption très dangereuse.

M. Clapeyron y a obvié en adoptant un croisement à rail mobile *aa* (fig. 11 *b*, pl. 1) formé par deux rails ordinaires.

Les rails de ce croisement et ceux du changement que nous avons décrit précédemment étaient manœuvrés simultanément par l'intermédiaire d'un arbre AA fixé le long de la voie.

Croisement Burleigh.

Pour protéger les rails près de la pointe contre l'action coupante de

la bavure des bandages usés, Burleigh introduit dans le croisement des pièces en fonte *aa*, *bb* ou porte-boudins, maintenues à l'aide de boulons (fig. 50, pl. 4).

Cette pièce sert encore à relier solidement les rails coudés et la pointe de façon à donner une grande rigidité au croisement.

L'importance de ce point est évidente. car, lorsqu'il n'y a pas solidarité entre toutes ces pièces, le passage des trains provoque leur déplacement relatif, et, par suite, une série de chocs aussi nuisibles à la voie qu'au matériel roulant.

Croisement Parson.

Parson a employé pour le même objet la disposition fig. 49; de plus, il a cherché le moyen de remplacer chaque pièce isolément : mais la complication qui résulte de l'agencement des différentes parties est tellement grande, qu'on ne peut songer à faire usage de cet appareil.

Parson l'a si bien compris, qu'il a pris un brevet pour un croisement construit avec des rails analogues à ceux de Vignole, mais très surbaissés (fig. 51), raccordés par des coussinets spéciaux AA avec le rail ordinaire de la voie, disposition qui paraît ne rien laisser à désirer.

Croisement en fer d'une seule pièce.

M. Bataille a proposé de faire la pointe et ses deux contre-rails en une seule pièce obtenue au marteau pilon; mais jusqu'à présent cette disposition, qui supprime toute la coussinetterie et donne une invariabilité absolue aux différentes parties du croisement, n'a pas reçu d'application.

Croisement Burleigh et croisement en rails Brunel.

Burleigh rive les rails de son croisement (fig. 51) sur une tôle générale placée sur longrines. Cette disposition est la même que celle

adoptée longtemps auparavant dans la construction des croisements avec rails Brunel (fig. 54, pl. 5); seulement, dans ces derniers appareils on a placé, entre la pointe et les contre-rails, une pièce en fer ayant la forme d'une fourche et une épaisseur calculée de telle sorte que sa distance à la table de roulement des rails égale la saillie du boudin des roues.

Utilité d'une pièce spéciale placée entre les pattes de lièvre soutenant le boudin des roues.

Les opinions sont partagées sur la valeur de la fourche placée dans le croisement pour supporter le boudin des roues.

Quelques ingénieurs croient que, pour les machines à roues couplées, l'action destructive sur les contre-rails, due à l'inégalité des rayons des roues et des jantes, doit être beaucoup plus considérable avec la fourche que sans la fourche.

L'expérience faite au chemin de fer du Midi, sur plus de 900 croisements, montre qu'il n'en est rien, et que le contre-rail est très efficacement protégé par l'emploi de la fourche sans qu'il en résulte aucun dommage pour les machines.

Le certificat suivant, en date du 19 avril 1856, adressé à M. Burleigh par M. R. Gastineau, ingénieur du Great Northern, montre d'une manière frappante l'utilité de la fourche introduite dans les croisements.

« Un de vos croisements a été posé près la station de Welwyn dans les premiers jours de juillet 1854, et il est presque encore dans de bonnes conditions.

« Les trains express passent ordinairement sur ce croisement à une vitesse de 80 kilomètres à l'heure, et les trains qui s'arrêtent à la station y arrivent avec les freins serrés. Près du même point et sur la même voie existe un croisement ordinaire qui a été renouvelé *trois fois* et dont les pattes de lièvre ont été remplacées *six fois*.

« Sur un autre point, un de vos croisements, placé depuis dix-neuf mois, est presque dans les conditions normales de service.

« Les croisements ordinaires posés en cet endroit ne duraient que deux mois et les pattes de lièvre un mois, le trafic étant très considérable. »

Il existe encore à la gare du chemin du Midi des croisements Brunel (fig. 54, pl. 5) placés depuis l'origine de l'exploitation (mai 1855), c'est-à-dire ayant servi près de trois ans, et dont on peut encore attendre un long service (1).

Croisement en rails Vignole.

La disposition ordinaire du croisement en rails Vignole est représentée fig. 55.

Ses différentes parties sont fixées de distance en distance sur des platines en fer fixées elles-mêmes par des crampons au bâti en charpente.

Une pièce de fonte placée à la hauteur du boudin des roues sert à protéger les contre-rails et à maintenir, au moyen de boulons, la solidarité des différentes pièces.

Résumé des conditions d'établissement des croisements de voies.

En résumé, nous dirons :

1° Que l'emploi des coussinets dans les croisements est fâcheux parce que ces pièces sont très sujettes à rompre, et que leur rupture peut donner lieu à des déraillements; qu'il y a un grand intérêt à les faire disparaître pour leur substituer des cornières lorsque le rail est à double champignon (croisement Lemasson, fig. 53), ou bien à fixer directement le rail sur une tôle générale lorsque sa forme le permet.

2° Que les croisements en rails Brunel pleins ou en rails Vignole

(1) Le seul reproche qu'on pourrait faire à l'emploi de la fourche est la fatigue qui en résulte pour les bielles d'accouplement; mais quand on tient compte des différences des parcours des roues d'une machine circulant sur une voie de 300^{m} de rayon, on voit que le passage sur une fourche dont la longueur ne dépasse pas 0^{m}.80 n'est pas à redouter.

peuvent s'employer avantageusement, lors même que la voie courante est à double champignon.

3° Que l'emploi d'une fourche pour protéger les contre-rails est utile et même indispensable pour la conservation de l'appareil.

4° Qu'il faut faire la pointe d'une seule pièce (fig. 54) obtenue au marteau pilon, et non pas en assemblant deux rails comme l'indique la fig. 47.

5° Que la pointe, les contre-rails adjacents et la fourche doivent être en acier puddlé, ou mieux en acier fondu.

Disposition des voies de raccordement, du changement et du croisement.

Les changements et les croisements de voies sont généralement raccordés par des courbes en S dont le rayon ne doit pas descendre au-dessous de 250^{m} à 300^{m}.

Nous regardons comme indispensable de séparer les deux parties de la courbe en S par une portion de ligne droite s'étendant d'une pointe à l'autre, ainsi que l'indique la fig. 59. On évite ainsi les chocs qui se produisent lorsque la machine passe dans la partie moyenne de la courbe en S.

Montage sur charpente.

Généralement les coussinets des croisements sont fixés sur des traverses dont les positions relatives sont maintenues à l'aide de deux longrines placées par-dessous.

Il est préférable d'employer les longrines comme support direct des coussinets.

Les voies réunissant les changements aux croisements sont souvent montées sur des traverses distinctes, mais celles-ci sont alors tellement enchevêtrées qu'il est impossible de les bourrer convenablement (fig. 29, pl. 3).

On évite cet inconvénient et l'on maintient exactement les posi-

tions relatives des coussinets, condition indispensable pour éviter les déraillements, en montant ces parties de voies sur les mêmes traverses (fig. 30).

TRAVERSÉES DE VOIES.

La traversée de voie est le croisement spécial résultant de l'intersection de deux voies (fig. 55 et 56, pl. 5). Les premières traversées furent faites avec des rails mobiles mis en jeu par le passage de la machine; mais l'appareil, très compliqué et fonctionnant mal à la vitesse des trains de voyageurs, on y a renoncé pour le remplacer par la disposition fig. 55 et 56, analogue à celle des croisements. Ce que nous avons dit relativement à la construction de ceux-ci est donc applicable à ceux-là; seulement il faut remarquer que la lacune entre les deux pointes de la traversée est double de celle du croisement de même angle. Il y a lieu de se préoccuper de ce fait, car si les boudins n'étaient pas suffisamment guidés, les roues pourraient s'engager sur deux voies différentes; c'est pourquoi il faut adopter un angle de traversée d'au moins 7°30′, ou sinon surélever le contre-rail pour qu'il prenne une plus grande largeur du flanc des roues, et donner un support aux boudins. Cette dernière disposition paraît plus convenable que la première, parce que la traversée peut avoir à raccorder un changement symétrique et un changement à deux voies posé en déviation, c'est-à-dire des croisements de 5 et 7°30′, et qu'en prenant la moyenne de ces angles pour base de la construction, on peut n'avoir qu'un type de traversée.

La fig. 57 est la traversée particulière résultant de deux changements à deux voies dirigés en sens contraire et raccordant deux voies parallèles.

DISPOSITIONS A PRENDRE POUR L'ÉTABLISSEMENT DES CHANGEMENTS SUR LES VOIES PRINCIPALES.

Les aiguilles placées sur un chemin à 2 voies doivent être abordées par le talon.

Lorsqu'on doit établir un changement sur l'une des voies principales d'un chemin à deux voies, il convient d'en placer les aiguilles de manière à ce que les trains les abordent par le talon (fig. 59) et non par la pointe (fig. 60). Dans le premier cas, les aiguilles mal placées, c'est-à-dire ne donnant pas accès sur la voie principale, ne peuvent produire aucun accident, puisque les boudins des roues les écartent et les ramènent à leur position normale.

Dans le second cas, le train qui s'engage sur la voie principale fermée se trouve conduit sur la déviation et peut venir se heurter contre un train venant en sens contraire sur cette voie.

Contre-poids rivés.

La disposition précédente ne peut s'appliquer aux chemins à une seule voie; dans ce cas, on rive la douille du contre-poids sur le levier de manœuvre (fig. 42, pl. 4), et même on le cadenasse, ou bien on adopte le levier de manœuvre Perret (fig. 44); enfin on pose les leviers de telle sorte que les contre-poids ramènent les aiguilles à leur position normale, c'est-à-dire à l'ouverture de la voie principale.

Verrou de sûreté Vignerais pour embranchements.

Quand un chemin à deux voies donne naissance à un embranchement, l'une des voies principales se trouve toujours coupée par l'une des voies de l'embranchement.

Il importe alors de garantir d'une manière certaine la traversée des deux voies pour empêcher la prise en écharpe de l'un des trains.

A cet effet, on a généralement recours à des disques manœuvrés à

distance qui viennent fermer la voie à 5 ou 800 mètres en avant ou en arrière du point que l'on veut garantir; mais le disque tourné ne faisant qu'avertir le mécanicien, sans rendre le passage infranchissable, il est utile de pouvoir empêcher la manœuvre de l'aiguille tant que le disque qui donne accès sur cette voie n'est pas ouvert.

M. Vignères obtient ce résultat en fixant les leviers des aiguilles par des verrous que les leviers de manœuvre des disques font mouvoir.

La figure 61, pl. 6, représente la disposition des voies et des disques à l'embranchement des lignes d'Auteuil et de Versailles; la fig. 62, pl. 5, indique l'ensemble des appareils formant le poste de l'aiguilleur.

Dans ce cas particulier, il faut protéger les trains qui reviennent d'Auteuil, c'est-à-dire la traversée C; cinq disques, n° 23, 24, 25, 26 et 28, servent pour cet objet les : disques 23 et 25 sont placés sur la voie de départ de Versailles, les disques 26 et 28 sur la voie de retour d'Auteuil, et le disque 24 sur la voie de retour de Versailles.

Les disques 26 et 24 sont solidaires, et lorsqu'on ouvre l'un on ferme l'autre.

Afin d'éviter toute erreur dans les manœuvres, on a mis des verrous à tous les leviers des disques, et des heurtoirs à toutes les tringles qui reçoivent des verrous, de telle sorte qu'on ne peut faire marcher les appareils qu'autant que leur ouverture est conforme aux dispositions réglementaires.

C'est ce qu'indique la fig. 62, dans laquelle

1 représente le levier de manœuvre des aiguilles A,

2 le levier de manœuvre du disque 23 et du verrou *b* qui enclanche le verrou *a*,

3 le levier de manœuvre des disques 24 et 26, et du verrou *c* qui enclanche le levier de manœuvre 4 du verrou *a*,

4 le levier de manœuvre du disque 28 et du verrou *a* des aiguilles,

5 le levier allant au contre-poids du levier de manœuvre des ai-

guilles du changement B et pouvant le soulever de manière à ouvrir la voie de la traversée sans laisser ce soin aux boudins des roues.

La position normale des appareils est celle de la fig. 61 ; elle correspond à l'ouverture de la voie montant à Auteuil, et à la voie de retour de Versailles ; c'est-à-dire à l'ouverture des disques 23 et 24, et à la fermeture des disques 26 et 28.

Pour laisser passer le train venant d'Auteuil sur Paris, il faut donc :

1° Manœuvrer le levier 2 pour fermer le disque 23 et désenclancher le verrou *b* qui enclanchait le verrou *a* dans la position des aiguilles libres.

2° Manœuvrer le levier 3, d'une part, pour fermer le disque 24 retour de Versailles, et ouvrir le disque 26 retour d'Auteuil, d'autre part, pour désenclancher le verrou *c* qui enclanche le levier n° 4.

3° Manœuvrer le levier 4 pour ouvrir définitivement la voie de retour d'Auteuil par le disque 26 et verrouiller le levier de manœuvre du changement de voie, de telle sorte qu'un train partant de Paris malgré les signaux ne puisse suivre la voie d'aller à Versailles.

Les aiguilleurs n'étant pas en vue de la station fermée par les disques 26 et 28, l'arrivée du train venant d'Auteuil leur est indiquée par deux coups frappés sur un timbre. La manœuvre du marteau de ce timbre est faite de la station par un levier ordinaire.

Pour le départ de Paris, un disque vert, n° 25, solidaire des aiguilles (fig. 61), indique l'ouverture de la voie allant à Versailles, et les trains allant à Auteuil doivent s'arrêter lorsque le signal vert leur est présenté.

L'aiguilleur placé au disque 23 avertit par un coup de timbre les aiguilleurs du poste de l'embranchement lors du départ des trains de Paris.

Ces dispositions compliquées en apparence, par suite des grands développements qu'elles exigent pour être bien comprises, sont en

réalité d'une grande simplicité; elles évitent les pertes de temps, mettent à l'abri des fausses manœuvres, des erreurs commises par précipitation, et donnent une sécurité aussi absolue que possible.

CALCULS RELATIFS A L'ÉTABLISSEMENT DES CHANGEMENTS DE VOIES.

Détermination du rayon des courbes de raccordement.

Cherchons à déterminer le rayon minimum des courbes entrant dans la composition des changements de voies.

Il est d'abord évident que le passage d'une machine à trois essieux dans une courbe ne peut s'effectuer qu'en vertu d'un certain jeu laissé entre les boudins des roues et les rails.

Ceci posé, désignons par r le rayon inconnu de la courbe; par A, B, C, les trois essieux d'une machine, que nous supposerons équidistants; par a la distance commune de deux essieux consécutifs; et par d le jeu déterminé par le calage des roues.
On aura sensiblement :

$$d^2 = 2ra - a^2;$$

d'où

$$r = \frac{d^2 + a^2}{2a}.$$

Introduisant dans cette formule les données de la machine mixte du Midi, qui est une des machines à plus grand écartement d'essieux, nous avons

$$r = \frac{\overline{2.61}^2 + \overline{0.03}^2}{2 \times 0{,}03} = \frac{6.813}{0.06} = 113^{m} \cdot 55.$$

Il convient de remarquer que le passage d'une machine dans une courbe de ce rayon fatiguerait énormément le bâti si les bandages n'étaient pas coniques.

La conicité doit être telle que la différence entre les développements des circonférences des roues d'un même essieu, dans le plan

passant par leur point d'appui, soit sensiblement égale à la différence des développements des deux files de rails de la voie courbe.

S'il n'en était pas ainsi, l'une des roues devrait patiner, et par conséquent produire une résistance tendant à faire fléchir le bâti : résistance d'autant plus grande que la machine aurait une plus grande vitesse.

Cherchons donc le rayon qu'il convient de donner aux courbes de la voie pour éviter cet inconvénient.

Désignons par R' le rayon de la file de rails extérieure, et par R le rayon de la file intérieure; par r' le rayon maximum que puisse prendre la roue par suite de sa forme conique, et par r son rayon minimum. Les développements de la roue et des rails étant proportionnels aux rayons, il faudra, pour que ces développements soient égaux, que

$$\frac{R'}{R} = \frac{r'}{r}. \qquad (1)$$

En observant 1° que $R' = R + 1^m.51$; 2° que le jeu entre les boudins des roues neuves est assez généralement de 0.03 pour la voie courante, mais qu'il se trouve souvent porté à $0^m.056$ dans les courbes de très petit rayon, tant par l'élargissement de la voie que par l'usure des faces de ces mêmes boudins; 3° que, par suite de cet élargissement et de la conicité des bandages, r' peut devenir égal à

$$r + \frac{1}{20}0.056 \qquad \text{ou} \quad r' = r + 0.0028.$$

La proportion (1) devient alors

$$\frac{R+1.51}{R} = \frac{r+0.0028}{r}$$

ou
$$Rr + 1.51r = rR + 0.0028 \times R,$$
$$r \times 1.51 = R \times 0.0028;$$

d'où
$$r = \frac{R \times 0.0028}{1.51} \qquad \text{et } R = \frac{r \times 1.51}{0.0028},$$

valeurs qui permettent d'obtenir r ou R suivant qu'on se donne R ou r.

Le diamètre des roues couplées variant généralement de $1^m.00$ à $1^m.70$, on aura

$$\text{pour } r = \frac{1.00}{2}, \qquad R = \frac{0.50 \times 1.51}{0.0028} = 269^m.00,$$

$$\text{pour } r = \frac{1.70}{2}, \qquad R = \frac{0.85 \times 1.51}{0.0028} = 458^m.00,$$

résultats qui expliquent la forte conicité (1/10) donnée aux bandages des roues des locomotives allemandes qui parcourent des chemins à courbes de petit rayon.

En effet, si l'on introduit cette valeur dans notre formule, on obtient pour une machine à roues de $1^m.00$

$$r = \frac{0.50 \times 1.51}{0.0056} = 135^m;$$

pour des machines à roues de $1^m.70$

$$r = \frac{0.85 \times 1.51}{0.0056} = 229^m.$$

Il est évident que lorsque les rayons des courbes sont inférieurs à ceux déterminés par cette formule, il y a patinage, par suite effort exercé pour faire fléchir les longerons, effort d'autant plus grand que la vitesse de la machine est plus grande.

Cette observation motive le ralentissement imposé aux mécaniciens lorsqu'ils passent dans des courbes de petits rayons, et en particulier dans les changements de voies.

En résumé, on voit qu'en imposant ce ralentissement on peut réduire le rayon des courbes, dans les changements, à 150^m, et qu'on sera dans d'assez bonnes conditions avec un rayon de 300^m.

Détermination des coordonnées de la pointe et de l'angle du croisement.

1° Prenons pour axe des y (fig. 63, pl. 5) la ligne qui joint les centres des cercles, et pour axe des x une perpendiculaire à cette droite passant par l'un des centres.

Appelons y et x les coordonnées du point d'intersection A des deux circonférences qui se coupent, R et R' les rayons de ces circonférences, q la distance des centres.

L'équation du cercle de rayon R sera :

$$R^2 = x^2 + y^2. \qquad (1)$$

L'équation du cercle de rayon R' sera :

$$R'^2 = x^2 + (y - q)^2,$$

ou

$$R'^2 = x^2 + y^2 - 2qy + q^2; \qquad (2)$$

et les coordonnées du point A seront les valeurs de x et y satisfaisant à la fois aux équations (1) et (2); en les résolvant par rapport à y, on a :

$$R'^2 - R^2 = q^2 - 2qy$$

d'où

$$y = \frac{R^2 - R'^2 + q^2}{2q},$$

et

$$x = \sqrt{R^2 - y^2}.$$

Les formules sont applicables à tous les cas; seulement il faut remarquer :

1° Que si g est la largeur de la voie, la distance des centres des deux cercles, q, est égale à :

$q = R + R' - g$ lorsque les courbes ont leurs rayons en sens inverse (fig. 63).

$Q = R - R' + g$ lorsque les courbes ont leurs rayons dans le même sens (fig. 64, pl. 6).

Lorsque les courbes ont leurs rayons égaux et dirigés en sens contraire, y est évidemment égal à $R - \frac{g}{2}$.

Lorsque l'une des voies est droite, y est égal à $R - g$.

2° Que l'angle « du croisement est égal à la somme algébrique

des angles α' et α'' formés par les tangentes AB, AC, avec la droite AD parallèle à l'axe des x.

Or, lorsque les voies ont leurs courbures en sens contraire.

$$\text{angle } \alpha' = \text{angle OAG},$$

$$\text{et angle } \alpha'' = \text{angle O'AF},$$

et la figure donne : $\text{tang } \alpha' = \frac{x}{y}$,

$$\text{tang } \alpha'' = \frac{x}{q-y},$$

d'où $$\text{tang } (\alpha' + \alpha'') = \frac{x}{y} + \frac{x}{q-y}.$$

Lorsque les voies ont leurs courbures dans le même sens (fig. 64),

$$\text{tang } \alpha = \text{tang } (\alpha'' - \alpha') = \frac{x}{q-y} - \frac{x}{y}.$$

Lorsque l'une des voies est droite, l'angle du croisement α devient :

$$\alpha = \frac{x}{y}.$$

Détermination de la longueur des rails courbes.

3° Les longueurs des files de rails HA, KA, comprises entre la pointe et l'origine du croisement sont déterminées par les formules

$$\text{Arc HA} = \frac{2\pi R \times \alpha'}{360^\circ}$$

$$\text{Arc KA} = \frac{2\pi R' \times \alpha''}{360^\circ}$$

Application des formules précédentes au calcul des changements à 3 voies.

Appliquons ces formules au calcul d'un changement à trois voies dans lequel les voies déviées ont une largeur $g = 1^m.50$ et un rayon moyen de 300 mètres.

Les données du problème seront (fig. 65) :

$$R - R' = 300 + \frac{1}{2}g = 300 + \frac{1.50}{2} = 300.75,$$

$$q = 2 \times 300.75 - 1.50 = 600^{m};$$

d'où $y = R - \frac{g}{2} = 300.75 - \frac{1.5}{2} = 300^{m}.$

$$x = \sqrt{R^2 - y^2} = \sqrt{300.75^2 - 300^2}$$

$$= \sqrt{90450.5625 - 90000} = \sqrt{450.5625} = 21.226$$

$$\text{tang } \alpha = \text{tang } \alpha' + \text{tang. } \alpha'' = \frac{x}{q-y} + \frac{x}{y} = \frac{21.226}{600-300} + \frac{21.226}{300}$$

$$= \frac{42.452}{300} = 0.141506,$$

d'où $\alpha = 8° 03' 15''.$

On aura

$$y = R - g = 300^{m}.75 - 1.50 = 299.25$$

$$x = \sqrt{300.75^2 - 299.25^2} = \sqrt{90450.5625 - 89550}$$

$$= \sqrt{900} = 30 \text{ mètres.}$$

$$\text{tang } \alpha = \frac{x}{y} = \frac{30}{299.25} = 0.10025;$$

d'où $\alpha = 5° 43' 30''.$

Détermination de longueur totale des changements.

Lorsque deux voies parallèles doivent être reliées par des changements, les voies sont formées par deux courbes en S. L'angle du croisement et les coordonnées de la pointe se trouvent par les formules précédentes, mais il reste à déterminer la longueur totale du changement.

Si l'on appelle g la distance qui sépare les axes des voies, $2\,l$ la distance des aiguilles, R le rayon moyen commun aux deux courbes,

le point de tangence commun aura pour ordonnée g rapportée au centre C :

$$y = R - \frac{1}{2}g,$$

et pour abscisse :

$$x = l = \sqrt{R^2 - y^2};$$

si $g = 3^m.50$ et $R = 300^m$, on aura :

$$y = R - \frac{g}{2} = 300 - \frac{3^m.50}{2} = 300 - 1.75$$

$$= 298^m.25,$$

et

$$x = \sqrt{R^2 - y^2} = \sqrt{300^2 - 298.25^2}$$

$$x = l = 32^m.356$$

$$2l = 64^m.712.$$

Détermination de la longueur à donner aux aiguilles effilées.

Dans les calculs précédents nous avons admis que le point de tangence des courbes de raccordement était situé à la pointe des aiguilles, ce qui suppose que leur longueur est suffisante pour qu'à leur talon la distance qui les sépare du rail voisin laisse un libre passage au boudin des roues.

Si cette distance est de $0^m.05$ et la largeur du rail de $0^m.06$, la face de l'aiguille intérieure à la voie est à une distance de $0^m.11$ du rail adjacent; la longueur à donner à l'aiguille sera donc sensiblement celle de l'abscisse d'un cercle de 300^m de rayon dont l'ordonnée aurait $0^m.11$.

La valeur de cette abscisse

$$x = \sqrt{2Ry - y^2};$$

d'où

$$x = \sqrt{2 \times 300 \times 0.11 - \overline{0.11}^2},$$

$$= \sqrt{600 \times 0.11 - 0.0121} = \sqrt{65.9879}$$

$$= 8^m.123.$$

Le tableau suivant indique les rayons des courbes correspondant à différentes longueurs d'aiguilles.

LONGUEUR DES AIGUILLES.	RAYONS CORRESPONDANTS.
m.	m.
3.60	58.96
4.00	72.78
4.50	92.10
5.00	113.69
5.50	137.55
6.00	163.69
6.50	192.10
7.00	222.78
7.50	255.74
8.00	290.96
8.123	300.00

Nous avons vu précédemment que les machines mixtes du Midi, qui ont un écartement d'essieux exceptionnel, peuvent passer dans une courbe de 113^{m}.00 de rayon; par conséquent les aiguilles de 5^{m}.00 sont, à la rigueur, suffisantes. Mais il n'en est pas moins vrai que le passage ne s'effectue pas sans difficultés et que les boudins des roues ont une assez grande tendance à monter sur la pointe des aiguilles, surtout lorsque le rabotage leur donne une disposition en plan incliné, ainsi que le présente le système Wild.

Voilà pourquoi les aiguilles de 3,60 des changements à trois voies doivent être placées de manière à commander la voie droite, et c'est le motif pour lequel M. Flachat avait adopté des aiguilles de 7^{m}.00, au raccordement des deux chemins de Versailles, à Viroflay.

Aujourd'hui que la plupart des voies nouvelles se font avec des rails de 6m.00, il n'y a plus de raison pour ne pas donner cette longueur aux aiguilles. Le rayon de la déviation se trouve alors porté à 163m, tandis qu'il n'a que 113m lorsque les aiguilles ont 5m.00.

Tout ce qui précède est applicable aux changements à aiguilles effilées. Examinons maintenant la longueur qu'il faut donner aux aiguilles à contre-rails mobiles pour qu'elles conviennent à une courbe de 300m de rayon.

Dans ces changements, la distance de l'aiguille au rail fixe est de 0m.04, l'épaisseur de la pointe de 0,015; par conséquent, l'ordonnée totale n'est que de 0,055, et la longueur de l'aiguille pour un rayon de 300m devient :

$$x = \sqrt{2Ry - y^2} = \sqrt{33 - 0.003} = 5^{m}.74.$$

Longueur à donner aux aiguilles à contre-rails mobiles.

Le tableau suivant indique les rayons des courbes qui correspondent à différentes longueurs d'aiguilles.

LONGUEUR DES AIGUILLES.	RAYONS DES COURBES.
m.	m.
2.50	56.845
3.00	81.845
3.50	111.391
4.00	145.484
4.50	184.118
5.00	227.300
5.50	275.027
6.00	327.300

Avantage des aiguilles à contre-rails mobiles sur les aiguilles effilées.

Le tableau précédent montre que les aiguilles à contre-rails mobiles de 5m.00 donnent sensiblement le même rayon de courbure que les aiguilles effilées de 7m.00. Les aiguilles qu'on employait dans ces appareils avaient 4m.00; elles correspondaient donc à une déviation de 145m; mais, vu la faible valeur des ordonnées de la courbe à partir de l'origine, on pouvait placer leur extrémité un peu après le point de tangence de la courbe, ce qui n'avait aucun inconvénient, puisqu'elles ne faisaient que pousser les roues sur les rails fixes, et obtenir ainsi une déviation correspondant à 300m.

C'est cet avantage qui motive la faveur dont ces appareils jouissent auprès de quelques ingénieurs, faveur incomplétement justifiée, puisqu'on peut faire disparaître le principal inconvénient des aiguilles effilées en leur donnant une plus grande longueur.

Détermination de l'ouverture des aiguilles effilées.

Il faut que les aiguilles s'ouvrent d'une quantité telle que leur pointe ne puisse être choquée, dans aucun cas, par le boudin des roues.

Examinons quelle doit être cette ouverture. La distance des faces intérieures des bandages des machines étant assez généralement de 1m.360, et le boudin ayant une épaisseur de 0m.030, qui peut être réduite par l'usure à 0m.020, il faudra que l'aiguille ouverte soit à une distance du rail supérieure à la largeur intérieure de la voie diminuée de 1m.36 + 0,02 et augmentée de l'épaisseur de l'aiguille à la pointe, ou de 0m.015, soit 1m.45 — 1m.36 — 0m.02 + 0m.015 = 0m.085. Cette cote doit être augmentée de 0m.02 à 0m.03, pour tenir compte du jeu nécessaire : ce qui la porte à 0m.11 ou 0m.12.

Détermination de la distance du rail au talon de l'aiguille.

Pour que la déviation soit aussi peu brusque que possible, il faut

que la distance au talon de l'aiguille soit réduite à son minimum, c'est-à-dire à l'espace nécessaire pour le passage du boudin des roues, soit $0^m.03$; d'un autre côté, cette distance doit être telle que l'aiguille ne soit pas pressée par les boudins des roues. Or, si nous supposons que l'un des boudins des roues touche l'un des rails, la face intérieure du bandage de la seconde roue sera à une distance du second rail, de $0^m.03$ (épaisseur du boudin) $+ 1^m.36$ (cote de calage des roues) $= 1^m.39$; retranchant cette cote du gabarit intérieur de la voie $= 1^m.45$, on a $1^m.45 - 1^m.39 = 0^m.06$, cote qui, par l'usure des boudins, peut être portée de $0^m.07$ à $0^m.08$. Ainsi l'écartement au talon doit être compris entre $0^m.03$ et $0^m.08$.

On a adopté généralement la moyenne de ces cotes, soit $0^m.05$.

Détermination de l'angle et des différentes parties du croisement.

L'angle du croisement doit être le plus grand possible, afin de réduire à son minimum la lacune qui existe entre la pointe et le point *a*; mais, comme son ouverture est en raison inverse du rayon des courbes du changement, dont le rayon normal ne doit guère descendre au-dessous de 250^m, cet angle se trouve compris entre 5° et 7° 30′.

La distance *fg* (fig. 47, pl. 4) qui doit exister entre les deux contre-rails, et la distance *ef* du contre-rail à la pointe, se déterminent d'après les mêmes considérations que la distance au talon des changements; elles ont donc l'une et l'autre $0^m.05$. Ces deux cotes et la largeur de la pointe ($0^m.010$ au minimum) déterminent la largeur de la lacune *eg*.

Modifications apportées aux calculs des changements par suite de l'insuffisance de la longueur des aiguilles.

Nous avons montré précédemment que les aiguilles généralement

adoptées n'ont pas une longueur suffisante pour donner une déviation d'un rayon égal à celui des courbes de raccordement ; il résulte de là que ces courbes ne sont pas tangentes à l'extrémité de l'aiguille, et qu'en ce point il y a inflexion de la voie, et, par suite, chocs possibles entre les roues et les rails.

On est donc conduit à modifier les calculs en posant pour condition que les arcs seront tangents à la direction de l'aiguille et à son extrémité.

En se reportant à la méthode dont nous nous sommes servi pour déterminer le rayon de la courbe que peut suivre une machine, on voit qu'une courbe en S est dans de moins bonnes conditions qu'une courbe continue, et que si un rayon 1 suffit pour celle-ci, il faut un rayon 2 pour celle-là.

Cette observation, d'une valeur minime lorsque les rayons atteignent 7 à 800^{m}, devient très importante lorsqu'ils sont égaux ou inférieurs à 300^{m}, et c'est le cas ordinaire des changements de voie.

Il est donc utile et même nécessaire de ménager, entre les deux parties de la courbe en S, une portion de droite au moins égale à la longueur d'une machine ; cette disposition a d'ailleurs l'avantage de diminuer les causes de chocs sur la pointe.

Cherchons à introduire ces nouvelles conditions dans nos formules, et remarquons d'abord que la solution du problème serait la même que celle du problème précédent, si nous connaissions les coordonnées d'un point tel que K, situé sur le cercle tangent à l'extrémité B de l'aiguille AB (fig. 66, pl. 6) et tel que la tangente KP fût parallèle à AC.

Désignons par x et y les coordonnées du point K ; par l la longueur AB de l'aiguille ; par e la largeur des rails ; par d la distance BH laissée entre l'aiguille et le rail ; par α l'angle que forme la direction de l'aiguille avec la droite AC : la tangente BT formera avec KP un angle égal à α.

Si nous menons le rayon OB = R, et si nous tirons la droite Bk parallèle à PK, nous aurons :

angle BOK = α.

$$x = Bk = OB \times \sin\alpha = R\sin\alpha.$$

Or,

$$\sin\alpha = \frac{BH}{BA} = \frac{e+d}{l};$$

d'où

$$x = R\frac{e+d}{l};$$

et

$$y = R \pm \sqrt{R^2 - x^2}$$

$$y = R \pm \sqrt{R^2 - \left(R\frac{e+d}{l}\right)^2}.$$

☞ Si l'on fait $e = 0.06$, $d = 0.05$, $l = 6^m.00$, le rayon moyen égal à 300^m, on aura : $R = 300.725$;

d'où $x = 300.725 \times \frac{0.11}{6.00} = 5.513$

et

$$y = 300.725 \pm \sqrt{300.725^2 - \left(300.725\frac{0.06+0.05}{6.00}\right)^2} = 0.05.$$

Dès lors le point F, rapporté aux axes KP et KO, aura pour ordonnée y', la largeur intérieure de la voie $1^m.45$, diminuée de IK = BH — Kk; soit 1.45 — 0,110 + 0.05, ou

$$y' = 1.39,$$

et pour abscisse

$$x' = \sqrt{2Ry - y^2} = \sqrt{2 \times 300.725 \times 1.39 - 1.39^2}$$

$$= \sqrt{836.01 - 1.93} = \sqrt{834.08} = 28.89.$$

L'angle α du croisement sera donné par la formule :

$$\text{tang. } \alpha' = \frac{R-y}{x'} = \frac{28.89}{300.725-1.39};$$

d'où

$$\alpha' = 5^\circ\ 30'\ 40''.$$

Nous avons indiqué précédemment qu'il y avait intérêt à placer le croisement dans un alignement ; ce dernier pourrait commencer à la pointe même, mais il vaut mieux que la portion de ligne droite commence un peu avant.

Pour obtenir ce résultat, il suffit de reporter le point de tangence en avant du point F, comme en L (fig. 66), ce qui revient à diminuer l'angle α' d'une quantité telle que la droite ait une longueur d'un mètre environ.

Nous ferons donc en nombre rond $\alpha'' = 5^\circ\ 20'$, dont la tangente $= 0{,}9426$, et dès lors on aura pour l'abscisse du point L

$$\begin{aligned} x'' &= R \sin \alpha'', \\ &= 300.725 \times \sin 5^\circ\ 20', \\ &= 27.952 ; \end{aligned}$$

et

$$\begin{aligned} y'' &= R - R \cos \alpha, \\ &= 300.725 - 300.725 \cos \alpha ; \end{aligned}$$

d'où

$$y'' = 1.302.$$

Le point Q où la tangente en L rencontre la voie droite a la même ordonnée y'' que le point F ; quant à son abscisse x''', elle se détermine facilement, car on a :

$$x''' = KS = KM + MS = x'' + \frac{QR}{\text{tang } \alpha''} = x'' + \frac{y'-y''}{\text{Tg. } \alpha''}$$

$$= 27.952 + \frac{1.39-1.302}{\text{tang } 5^\circ 20'} = 27.952 + 0.934 = 28.895.$$

Ces cotes déterminées, on peut vouloir les rapporter au point A,

extrémité de l'aiguille ; cherchons donc les coordonnées p et q du point K par rapport au point A.

A cet effet, remarquons que

$$\begin{aligned} p = \text{AI} &= \text{AB} \times \cos.\, \alpha - \varpi \\ &= 6.00 \cos 1^\circ 03' - 5.513 \\ &= 0.486. \end{aligned}$$

De même,

$$\begin{aligned} q = \text{BH} - y &= d + e - y \\ &= 0.11 - 0.05 \\ &= 0.06. \end{aligned}$$

Par suite, les coordonnées du point L par rapport au point A seront :

$$\text{X}'' = x'' + q = 27.952 + 0.486 = 28.438.$$
$$\text{Y}'' = y'' + p = 1.302 + 0.06 = 1.362;$$

et celles du point Q :

$$\begin{aligned} \text{X}''' = x''' + p &= 28.895 + 0.486 \\ &= 29.381, \end{aligned}$$
$$\text{Y} = \text{la longueur intérieure de la voie} = 1.45.$$

La longueur de la droite LQ sera :

$$\text{LQ} = \frac{\text{QR}}{\sin \alpha} = \frac{0.088}{\sin 5^\circ 20} = 0.946.$$

Pour terminer la solution de ce problème, nous n'avons plus qu'à rechercher le développement de l'arc BL.

L'angle au centre de cet arc est évidemment égal à $\alpha'' - \alpha'$, et, les arcs étant proportionnels aux angles qu'ils mesurent, on aura, en prenant la minute pour unité de mesure des angles :

$$\begin{aligned} \text{arc BL} &= \frac{5^\circ \times 60' + 20' - 1^\circ \times 60' + 3'}{360^\circ \times 60'} \times 2\pi r \\ &= \frac{257}{21600} \times 2 \times 3,1416 \times 300,725 \\ &= 22^{m}.482. \end{aligned}$$

La longueur de la partie droite qui relie les deux courbes formant le changement doit avoir au moins la longueur qui sépare les deux essieux extrêmes d'une machine, c'est-à-dire $5^{m}.50$ environ.

Dans le cas particulier où le changement relie deux voies parallèles, la longueur de l'alignement se trouve naturellement déterminée par la condition de symétrie des appareils placés en A et B, ainsi que l'indique la fig. 59.

Calcul des changements à trois voies.

Un changement à trois voies peut être considéré comme résultant de la réunion de deux changements à deux voies placés en déviation; les résultats des calculs précédents nous donneront donc les cotes relatives aux pointes des croisements placés en Q, Q' (fig. 67), et il ne restera plus qu'à déterminer l'angle du croisement B et les coordonnées de la pointe de ce croisement.

Il est évident que le point B est sur l'axe de la voie, et dès lors que son ordonnée, rapportée à la droite IC, sera :

$$\frac{1.45}{2} = 0.725;$$

rapportée à KP, elle deviendra :

$$0.725 - q = 0.725 - 0.06 = 0.665;$$

son abscisse, par rapport à K, sera donc :

$$x = \sqrt{2Ry - y^2},$$

ou

$$= \sqrt{2 \times 300.725 \times 0.665 - \overline{0.665}^2} = \sqrt{399.9642 - 0.4422}$$

$$= \sqrt{399.522}$$

$$x = 19.98.$$

Il est bien entendu que ces cotes sont rapportées au point K, et, par

suite, que l'abscisse du point de croisement par rapport au point A est égale à

$$19.98 + p = 19.98 + 0.486 = 20.466,$$

et son ordonnée égale à 0.725.

Enfin l'angle du croisement est le double de l'angle α;

or

$$\text{tang } \alpha = \frac{x}{R-y} = \frac{19.98}{300.725-0.665},$$

$$= \frac{19.98}{300.06} = 0.066586; \text{ d'où } \alpha = 3^\circ 48' 45'';$$

et l'angle réel $7^\circ 37' 30''$, dont la tangente $= 0.13387$, soit 0.134.

Cet angle convient également au changement à deux voies reliant deux voies symétriques.

Ainsi, en principe, il suffit de deux types de croisements pour les changements à deux et à trois voies.

Inconvénients de la multiplicité des types des croisements.

Il arrive souvent que l'on ne peut disposer d'un emplacement suffisant pour loger un changement établi dans les conditions que nous venons d'examiner.

On y remédie dans beaucoup de compagnies en faisant varier l'angle du croisement et le rayon des courbes: c'est ainsi que le chemin de fer de Lyon a 18 types de croisements commençant à tangente $0^m.07$ et finissant à tangente $0^m.24$. Une si grande multiplicité d'appareils est inutile et augmente les prix d'établissement et d'entretien d'une ligne; elle n'est point nécessaire, puisqu'on peut modifier la longueur totale de l'appareil en faisant varier le rayon des courbes et en ne faisant usage que des deux types de croisements indispensables pour la construction des changements à trois voies.

C'est ce que montre le tableau suivant, pour les cas extrêmes :

RAYON des COURBES.	TANGENTE DE L'ANGLE du CROISEMENT.	DISTANCE DU TALON de L'AIGUILLE A LA POINTE.
R=300 m.	0.094 m.	23.38 m.
R=150	0.094	19.09
R=150	0.134	17.66

Calculs relatifs au rabotage des aiguilles.

Quand on a la longueur de l'aiguille et son écartement au talon, il est facile d'obtenir la longueur ab de la partie rabotée (fig. 17); mais il est à remarquer que, si l'on rabotait ainsi les rails Vignole à double champignon, on ferait disparaître une partie de la tige, et le champignon, mal soutenu, se présenterait dans de très mauvaises conditions de durée.

Pour obvier à cet inconvénient, on coude le rail en c (fig. 17), point où le champignon vient rencontrer la file de rails ac; ce coude doit être tel que la face extérieure de la tige passe par le point a.

PRIX COMPARATIFS DES DIVERS SYSTÈMES DE CHANGEMENTS DE VOIES.

Nous avons examiné précédemment les conditions d'établissement des changements de voies; il ne nous reste plus, pour terminer cette étude, qu'à montrer l'influence du système de construction sur le prix de revient.

CHANGEMENTS A DEUX VOIES.

ARTICLE 1er. — *Changements à deux voies en rails à double champignon ou en rails Vignole.*

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Aiguilles. 2 aiguilles de 5m.00 à 37k.00 le m. courant	370.	» 30 (1)	111 »	
Rails. 2 rails de 5m.00 à 37k.00 le mètre courant	370.	» 30	111 »	
Ferrures. 3 tiges de connexion	42.8			
1 tige de manœuvre	22.0			
1 levier de manœuvre	16.4			
23 boulons pour coussinets, éclisses, paliers et contre-poids	10.2			
	91.4	» 85 (2)	77 69	
Fontes. 12 coussinets de glissement	155.4			
2 coussinets de talon	32.4			
1 botte en fonte et ses paliers	51.5			
1 moufle à tourillon pour levier de manœuvre	25.2			
1 contre-poids pour levier de manœuvre	37.6			
	302.1	» 25 (3)	75 52	
Main-d'œuvre : rabotage, assemblage, façon (4)			125 »	
				500 21

ART. 2. — *Changement à deux voies en rails rectangulaires.*

Aiguilles. 2 aiguilles de 5m.00 à 55k.3 le m. courant	553.0	» 30	165 90	
Rails. 2 rails de 5.00 à 55k.3 le mètre courant	553.0	» 30	165 90	
Ferrures, comme ci-dessus			77 69	
Fontes, comme ci-dessus			75 52	
Main-d'œuvre, comme ci-dessus			125 »	
				610 01

(1) Le prix des rails peut descendre à 0,26. — (2) Marché Voruz avec la Cie d'Orléans. — (3) Les coussinets peuvent s'obtenir à 0,20. Nous avons conservé les prix du marché Voruz. — (4) Marché Voruz avec la Cie d'Orléans.

ART. 3. — *Changement à double champignon avec cornières* (Disposition Lemasson).

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Aiguilles. 2 portions d'aiguilles de 3m.00 de longueur, à 37k.00 le mètre courant	222.0			
2 portions de contre-rails d'aiguille de 2m.00 de longueur, à 37k.00 le mètre courant	148.0			
	370.0	» 30	111 »	
Rails. 2 portions d'aiguille de 2m.00 de longueur, à 37k.00 le mètre courant	148.0			
2 portions de contre-rails d'aiguille de 3m.00 de longueur, à 37k.00 le mètre courant	222.0			
	370.0	» 30	111 »	
Ferrures. 44 cornières	99.0			
20 éclisses	80.5			
6 bouts d'éclisse	5.0			
10 plaques de glissement	17.0			
1 guide	5.5			
2 entretoises ordinaires	21.0			
1 entretoise à œil	11.0			
2 bagues d'entretoisement	1.0			
75 boulons assortis	75.0			
1 tringle de manœuvre	22.0			
1 levier de manœuvre	16.4			
	353.4	» 85	300 39	
Fontes. 1 boîte en fonte et ses paliers	51.5			
1 moufle à tourillon pour le levier de manœuvre	25.2			
1 contre-poids pour le levier de manœuvre	37.6			
	114.3	» 25	28 58	
Main-d'œuvre : cémentation, rabotage, assemblage, façon	.....	.....	135 »	
				685 97

ART. 4. — *Changements à deux voies en rails* Brunel.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Aiguilles. 2 rails à double patte de 5m.00 pour aiguilles, à 43k.50 le mètre courant	435.00	» 30	130 50	
Rails. . . 2 rails à simple patte de 5m.00 de longueur, à 37k.00 le mètre courant	370.00	» 30	111 »	
Ferrures : tôles, rivets, boulons, ferrures diverses.	329.80	» 85	280 33	
Fontes, comme ci-dessus.	114.30	» 25	28 58	
Main-d'œuvre : cémentation, rabotage, assemblage (1)	. . . . .	. . . . .	195 »	
				745 41

(1) Ce prix résulte des marchés du Midi.

En résumant ces nombres, nous trouvons que :

Le changement ordinaire en rails à double champignon ou en rails Vignole revient à . . . . . 500 fr. 21 c.

Le changement ordinaire en rails à section rectangulaire. . . 610 01

Le changement avec cornières et rails à double champignon. 685 97

Le changement en rails Brunel. 745 41

C'est-à-dire que le changement construit avec des rails à double champignon ou avec des rails Vignole constitue l'appareil le plus économique au point de vue de la dépense de premier établissement. Quant au changement Lemasson, si avantageux pour l'entretien, son prix d'établissement est un des plus élevés. Ce résultat tient uniquement à l'introduction des ferrures mises en remplacement des coussinets; or, rien n'empêche de revenir à cette disposition, d'autant que les coussinets les plus exposés à la rupture peuvent être remplacés par des éclisses.

Dans ces conditions, le prix de l'appareil devient :

ART. 5. — *Changement à deux voies avec coussinets et éclisses.*

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Aiguilles, comme à l'article 3	. . . . .	. . . . .	111 »	
Rails, comme à l'article 3.	. . . . .	. . . . .	111 »	
Ferrures. 3 tiges de connexion	42.8			
1 tige de manœuvre.	22.0			
1 levier de manœuvre.	16.4	» 85	81 60	
19 boulons de coussinets	7.2			
16 boulons d'éclisses.	7.6			
4 paires d'éclisses.	36.0	» 34	12 24	
Fontes. 12 coussinets de glissement. . . .	155.4			
1 boîte en fonte et paliers.	51.5			
1 moufle à tourillon.	15.2			
1 contre-poids.	37.6			
	269.7	» 25	67 42	
Main-d'œuvre : cémentation, rabotage, assemblage, façon.	. . . . .	. . . . .	125 »	508 26

Prix qui est sensiblement le même que celui du changement ordinaire.

Examinons maintenant les modifications de prix qu'entraîne la substitution de l'acier dans la construction des changements de voies, mais en ne nous occupant que du changement ordinaire et du changement Lemasson modifié comme nous venons de le dire.

Les usines donnent aujourd'hui :

L'acier puddlé à . . . . . 600 fr.
L'acier Verdié à 770
L'acier fondu à 1,100

Dans ces conditions les prix des appareils sont :

ART. 6. — *Changements en rails à double champignon ou en rails Vignole en* acier puddlé.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
2 aiguilles, comme à l'article 1	370	» 60	222 »	
2 rails, comme à l'article 1	370	» 60	222 »	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre (1).	. . . . .	. . . . .	218 21	
				662 21

ART. 7. — *Changements en rails à double champignon ou en rails Vignole en* acier Verdié.

2 aiguilles et 2 rails, comme ci-dessus. . . .	740	» 77	569 80	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre.	. . . . .	. . . . .	218 21	
				788 01

ART. 8. — *Changements en rails à double champignon ou en rails Vignole en acier fondu.*

2 aiguilles et 2 rails, comme ci-dessus. . . .	740	1 10	811 »	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre	. . . . .	. . . . .	218 21	
				1029 21

ART. 9. — *Changements en rails à double champignon et cornières Lemasson en fer de bonne qualité.*

2 aiguilles et 2 rails, comme à l'article 5. . . .	370	» 40	148 »	
2 compléments d'aiguilles et 2 compléments de rails	370	» 40	148 »	
Ferrures, comme à l'article 5.	. . . . .	. . . . .	93 84	
Fontes, comme à l'article 5	. . . . .	. . . . .	67 42	
Main-d'œuvre	. . . . .	. . . . .	125 »	
				582 26

ART. 10. — *Changements en rails à double champignon Lemasson modifié en acier puddlé et fer de bonne qualité.*

2 aiguilles et 2 rails, comme à l'article 3. . . .	370	» 60	222 »	
2 compléments d'aiguilles et 2 compléments de rails, comme à l'article 3 (2)	370	» 40	148 »	
Ferrures, fontes, main-d'œuvre, comme à l'article 5 (3)	. . . . .	. . . . .	226 26	
				596 26

(1) Comme à l'art. 1er, sauf déduction de 60 fr. pour cémentation de 3 mètres de rails pour aiguilles et contre-aiguilles. — (2) Rails en acier puddlé. — (3) Rails et aiguilles en fer de bonne qualité, moins 60 fr. de cémentation.

ART. 11. — *Changements en rails à double champignon Lemasson modifié en acier Verdié et fer de bonne qualité.*

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
2 aiguilles et 2 rails, comme ci-dessus.	370	» 77	284 90	
2 compléments d'aiguilles et 2 compléments de rails, comme ci-dessus	370	» 40	148 »	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre, comme ci-dessus.	. . . . .	. . . . .	226 26	
				659 26

ART. 12. — *Changements en rails à double champignon Lemasson modifié en acier fondu et fer de bonne qualité.*

2 aiguilles et 2 rails, comme ci-dessus. . . .	370	1 10	407 »	
2 compléments d'aiguilles et 2 compléments de rails.	370	» 40	148 »	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre, comme ci-dessus.	. . . . .	. . . . .	226 26	
				781 26

En résumant ces nombres, on a :

DÉSIGNATION DE L'APPAREIL.	RAILS			
	en fer	en acier puddlé	en acier Verdié	en acier fondu
	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Changement ordinaire en rails à double champignon ou VIGNOLE	500 21	622 21	788 01	1029 21
Changement LEMASSON modifié, en rails à double champignon ou en rails VIGNOLE.	502 26	596 26	659 26	781 26

C'est-à-dire que la seconde disposition permet de réaliser, dès la construction, une économie variant de 65 fr. 95 c. à 247 fr. 95 c. par appareil, suivant la nature de l'acier employé; et que les prix résultant de la substitution des diverses sortes d'acier au fer sont, pour cette même disposition, dans le rapport de 1 à 1,11, de 1 à 1,20 et de 1 à 1,32.

Nous avons montré précédemment que les durées respectives des rails en fer, en acier puddlé, en acier Verdié et en acier fondu, sont comme 1 : 1,7 : 6 : 6; par suite, pour une même durée de rails, les prix sont entre eux comme 1 : 0,664 : 0,207 : 0,242.

Ainsi, sans tenir compte de la plus-value des prix de revente des vieux matériaux, on a un très grand intérêt à faire les aiguilles en acier Verdié.

CROISEMENTS DE VOIES.

ART. 1er. — *Croisement en rails à double champignon.*

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Rails. . . 2 rails de la voie, de 5m.00 l'un, à 37k.00 le mètre courant (1) . .	370	» 30	111 »	
Rails. . . 2 contre-rails pour les rails de la voie, de 3m.00 l'un	222	» 30	66 60	
Rails. . . 2 rails après la pointe, de 1m.50 l'un.	111	» 30	33 30	
Rails. . . 2 pattes de lièvre, de 3m.40 l'une.	252	» 30	75 60	
Rails. . . 1 pointe.	61.1	» 75	45 75	
Ferrures. 2 éclisses pour la pointe.	9	» 35	3 15	
Ferrures. 1 clavette pour la pointe.	0.4	» 80	» 32	
Ferrures. 4 boulons.	2.0	» 80	1 60	
Fontes : 14 coussinets	266.00	» 25	66 66	
Main-d'œuvre : assemblage des pièces, cémentation, etc.	. . . . .	. . . . .	100 »	
				503 98

ART. 2. — *Croisement en fer rectangulaire.*

Rails. . . 4 rails, 2 contre-rails et 1 pointe, comme ci-dessus.	. . . . .	. . . . .	256 65	
Rails. . . 2 pattes de lièvre, de 3m.40 l'une, à 55k.3 le mètre courant. . . .	376	» 30	112 80	
Ferrures, fontes et main-d'œuvre, comme à l'article 1	. . . . .	. . . . .	171 73	
				541 18

ART. 3. — *Croisement en rails* Vignole.

Rails et pointe, comme à l'art. 1.	. . . . .	. . . . .	322 25	
Ferrures et main-d'œuvre, comme à l'article 1. .	. . . . .	. . . . .	105 07	
Tôles diverses.	60	» 44	26 40	
Boulons entretoises	20	» 80	16 »	
				479 72

(1) Rails en fer ordinaire.

ART. 4. — *Croisement* Brunel.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Rails. . . 2 rails de la voie de 5m.00. à 43k.5 le mètre courant.	435	» 30	130 50	
2 contre-rails de la voie de 3m.00, à 30k.0 le mètre courant. . . .	180	» 30	54 »	
2 rails après la pointe de 1m.50, à 43k.5 le mètre courant.	130	» 30	39 »	
2 pattes de lièvre de 3m.40, à 43k.5 le mètre courant.	296	» 30	88 80	
1 pointe.	84	1 »	84 »	
Tôles, rivets, boulons, main-d'œuvre, assemblage (1)	907	. . . . .	410 »	
				806 30

ART. 5. — *Croisement* Lemasson.

Rails. . . 2 rails de la voie, de 5m.00 l'un, à 37k le mètre courant.	370	» 30	111 »	
2 pattes de lièvre de 1m.00 de longueur, à 37k.	74	» 30	22 20	
2 rails de 2m.40 pour compléter les pattes de lièvre	178	» 30	53 40	
2 contre-rails de 3m.00 pour les rails de la voie.	222	» 30	66 60	
2 rails de 1m.50 après la pointe. .	111	» 30	33 30	
1 pointe.	61	» 75	45 75	
Ferrures. 40 équerres. 82k				
26 boulons d'éclisses. 105				
3 boulons à œil 5				
12 bagues d'écartement. . . . 4				
2 pattes d'écartement 4				
32 boulons 55	255	» 75	191 25	
Main-d'œuvre, assemblage, cémentation, façon.	. . . . .	. . . . .	100 »	
				623 50

En résumant ces nombres, on voit que le croisement en rails ordinaires coûte. . . . . 503 fr. 98 c.

Le croisement en rails rectangulaires. 541 18

— · — Vignole. 479 72

— — Brunel. 806 30

— — Lemasson 623 50

(1) Marché du Midi.

C'est-à-dire que le rail Vignole est de tous les rails celui qui se prête le mieux à la confection économique d'un croisement de voie.

On peut aussi, comme pour le changement, n'employer l'acier que pour les parties du croisement soumises à une usure exceptionnelle. Dans ce cas, il faudrait compter les pointes en acier puddlé à 85 fr., celles en acier Verdié à 100 fr., et celles en acier fondu à 145 fr.

Le prix des croisements *tg* 0,13 est sensiblement le même que celui des croisements *tg* 0,09; nous n'en parlerons donc pas.

CHANGEMENTS A TROIS VOIES.

Les prix des divers changements à trois voies peuvent s'établir comme suit :

Changement avec rails à double champignon ou rails Vignole *en fer.*

DÉSIGNATION DES PIÈCES.		POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT	PRIX total.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Rails.	2 aiguilles de 5m.00, à 37k le mètre courant	370.00	» 30	111 »	
	2 aiguilles de 4m.30, à 37k le mètre courant	318.20	» 30	95 46	
	2 rails de 5m.00, à 37k le mètre courant	370.00	» 30	111 »	
Ferrures.	4 tiges de connexion	55.00			
	2 tringles de manœuvre	51.00			
	2 leviers de manœuvre	39.30			
	42 boulons p. heurtoirs, éclisses, etc.	21.05			
	5 éclisses spéciales	5.20			
		171.55	» 85	145 82	
Fontes.	18 coussinets de glissement	271.30			
	2 coussinets de talon	52.90			
	1 support à paliers pour levier de manœuvre	58.00			
	2 moufles à tourillon pour levier de manœuvre	43.60			
	2 contre-poids pour levier de manœuvre	75.20			
		501.00	» 25	125 25	
Main-d'œuvre : assemblage, cémentation, etc.				165 »	
					753 53

Changement avec rails Brunel.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.		POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT	PRIX total.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Rails. . .	2 aiguilles de 5m.00, à 43k.5 le mètre courant.	435	» 30	130 50	
	2 aiguilles de 4m.30, à 43k.5 le mètre courant.	374	» 30	112 20	
	2 rails à simple patte de 5m.00, à 37k le mètre courant.	370	» 30	111 »	
Ferrures.	4 tiges de connexion	55.00			
	2 tringles de manœuvre.	51.00			
	2 leviers de manœuvre	39.30			
	Tôles diverses, rivets, boulons. glissières et pivots.	373.72			
		519.02	» 85	441 16	
Fontes. .	1 support à paliers pour levier de manœuvre.	58.00			
	2 mouffles à tourillon pour levier de manœuvre	43.60			
	2 contre-poids pour levier de manœuvre.	75.20			
		176.80	» 25	44 20	
Main-d'œuvre : assemblage, façon, cémentation, etc.		. . . . .	. . . . .	180 »	1019 06

Changement Lemasson.

Rails. . .	2 portions d'aiguille de 3m.00, à 37k le mètre courant.	222			
	2 portions d'aiguille de 2m.30, à 37k le mètre courant.	170.2			
	2 portions de contre-rails d'aiguille de 2m.00, à 37k le m. courant.	148			
		540.2	» 30	162 06	
	2 portions d'aiguille de 2m.00, à 37k le mètre courant.	148.0			
	2 id. id. . . .	148.0			
	2 portions de contre-rails de 3m.00, à 37k le mètre courant. . . .	222.0			
		518.0	» 30	155 40	
Ferrures.	4 tiges de connexion	55.0			
	2 tringles de manœuvre.	51.0			
	2 leviers de manœuvre	39.3			
	68 équerres	166.0			
	28 éclisses	112.0			
	2 bouts d'éclisse.	2.0			
	10 glissières	17.0			
	Boulons divers.	95.0			
		537.3	» 85	456 70	774 16

Changement Lemasson (Suite).

DÉSIGNATION DES PIÈCES.		POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
	Report.	. . . . .	. . . . .	774 16	
Fontes.	1 support à paliers pour levier de manœuvre.	58.0			
	2 mouffles à tourillon pour levier de manœuvre	43.6			
	2 contre-poids pour levier de manœuvre	75.2			
		176.80	» 25	44 20	
Main-d'œuvre : assemblage, cémentation, etc.		. . . . .	. . . . .	165 »	
					983 36

En résumant ces nombres, on a pour le prix du changement à trois voies en rails ordinaires ou en rails Vignole. . . . . 753 fr. 53 c.

Changement à trois voies en rails ordinaires Brunel. . . . 1,019 06

— (disposition Lemasson). . . 983 36

On peut faire pour ces appareils les observations qui ont été faites pour les changements à deux voies, relativement à la substitution de l'acier au fer ; les résultat généraux étant les mêmes. nous ne nous en occuperons pas.

TRAVERSÉES DE VOIES.

Les prix des différents systèmes de traversées de voies peuvent s'établir comme suit :

Traversée en rails à double champignon.

DÉSIGNATION DES PIÈCES.		POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
		kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Rails.	4 rails pointés de 2m.18 de longueur, à 37k le mètre courant .	322.6			
	2 contre-rails de 5m.00 de longueur, à 37k le mètre courant.	370			
	2 rails infléchis de 4m.00 de longueur, à 37k le mètre courant.	296			
		988.6	» 30	296 58	
Ferrures.	4 plaques d'appui.	10.8			
	14 boulons.	6.2			
	4 clavettes	0.2			
		17.2	» 85	14 62	311 20

Traversée en rails à double champignon (Suite).

DÉSIGNATION DES PIÈCES.	POIDS.	PRIX de l'unité.	PRODUIT.	PRIX total.
	kil.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Report.	. . . . .	. . . . .	311 20	
Fontes : 18 coussinets.	406.6	» 25	101 65	
Main-d'œuvre : assemblage, cémentation, façon, etc.	. . . . .	. . . . .	140 »	
				552 85
Traversée en rails Vignole.				
Rails, comme ci-dessus	. . . . .	. . . . .	296 58	
Ferrures, comme ci-dessus	. . . . .	. . . . .	14 62	
— Tôles diverses.	120	0 45	54 »	
Main-d'œuvre, comme ci-dessus.	. . . . .	. . . . .	140 »	
				505 20

Les traversées de voies exécutées en rails Brunel auraient un prix de revient supérieur aux précédents.

Nous avons indiqué précédemment deux systèmes de montage sur charpente des appareils de la voie. Dans l'un, les changements et les croisements sont posés sur traverses relevées par des longrines, et les voies aboutissant au changement sur traverses distinctes; dans l'autre, les changements et les croisements sont fixés sur des longrines, et les voies sur des traverses communes. Nous avons fait remarquer que le second système avait l'avantage de permettre le montage définitif à l'atelier, et de rendre plus facile le bourrage des voies. Examinons maintenant le prix de revient comparatif de ces deux systèmes.

CHANGEMENT A DEUX VOIES.

1er SYSTÈME.				2e SYSTÈME.			
DÉSIGNATION DES PIÈCES.	Equarrissage.	Longueur.	Cube.	DÉSIGNATION DES PIÈCES.	Equarrissage.	Longueur.	Cube.
Aiguilles.				*Aiguilles.*			
2 longrines	25/10	7.00	0.350	4 longrines	25/10	7.00	0.700
8 traverses	25/13	2.20	0.572	2 traverses	25/13	2.20	0.143
1 traverse pour levier de manœuvre	35/13	4.50	0.205	1 traverse pour levier de manœuvre	35/13	4.50	0.205
Voies.				*Voies.*			
18 traverses	25 13	2.70	4.212	3 traverses	25/13	2.50	0.244
				3 id.	»	2.65	0.258
				4 id.	»	2.80	0.364
				2 id.	»	2.95	0.191
				5 id.	»	3.10	0 503
				1 id.	»	3.30	0.215
				4 id.	»	3.50	0.455
				1 id.	»	3.70	0.120
Croisement.				*Croisement.*			
2 longrines	25/10	5.50	0.275	2 longrines pour pointe	30/13	5.50	0.858
2 traverses	25/13	3.30	0.215	2 id. pour contre-rails.	45/13	5.50	0.443
2 id.	30/13	3.60	0 280	1 traverse	25/13	3.60	0.117
2 id.	25/13	3.80	0.247	2 id.	25/13	3.80	0.247
Cube total			4.250	Cube total			5.063

CHANGEMENT A TROIS VOIES.

Changement.				*Changement.*			
2 longrines	25/10	7.00	0.350	4 longrines	25/13	7.00	0.908
9 traverses	25/13	2.50	0.731	3 traverses	25/13	2.50	0.244
1 traverse pour levier de manœuvre	50/13	4.50	0.292	1 traverse pour levier de manœuvre	50/13	4.50	0.292
A reporter			1.373	*A reporter*			1.444

1er SYSTÈME.				2e SYSTÈME.			
DÉSIGNATION DES PIÈCES.	Equarrissage.	Longueur.	Cube.	DÉSIGNATION DES PIÈCES.	Equarrissage.	Longueur.	Cube.
Report. .			1.373	*Report.* .			1.444
Voies.				*Voies.*			
26 traverses	25/13	2.80	2.366	2 traverses	25/13	2.80	0.182
				5 id.	25/13	3.10	0.503
				6 id.	25/13	3.50	0.682
Croisement de 0m.13.				*Croisement de* 0m.13.			
2 longrines	30/10	5.30	0.318	2 longrines pour contre-rails.	35/13	5.30	0.482
2 traverses	25/13	3.30	0.215	3 id. id.	15/13	2.70	0.105
1 id.	25/13	3.40	0.110	4 id. pour pointe et voie.	32/13	5.30	0.880
1 id.	25/13	3.50	0.114	2 traverses	25/13	3.60	0.234
1 id.	25/13	3.90	0.127	2 id.	25/13	3.90	0.253
Voies.				*Voies.*			
9 traverses	25/13	2.70	0.790	2 traverses	25/13	4.50	0.439
Croisements de 0m.09.				*Croisements de* 0m.09.			
4 longrines	30/10	5.50	0.660	4 longrines	30/13	5.50	0.858
1 traverse.	25/13	4.40	0.117	2 id.	45/13	5.50	0.443
1 id.	25/13	4.60	0.150	1 traverse.	25/13	4.08	0.156
1 id.	25/13	5.00	0.163	1 id.	25/13	5.02	0.169
1 id.	25/13	5.10	0.168	1 id.	25/13	5.40	0.175
1 id.	25/13	5.40	0.175				
1 id.	25/13	5.60	0.184				
Cube total.			7.090	Cube total.			7.005
TRAVERSÉE.							
13 longrines	30/10	6.30	0.567	6 longrines	22/13	6.30	1.080
6 traverses	25/13	3.50	0.683	3 traverses	25/13	2.60	0.224
5 id.	25/13	3.50	0.568				
Cube total.			1.818	Cube total.			1,304

Il nous resterait encore à examiner les prix définitifs des divers changements et croisements de voies tout montés; mais ce travail nous entraînerait trop loin et ne serait d'aucune utilité pour le but que nous nous sommes proposé; nous nous bornerons à compléter les documents qui précèdent par quelques prix relatifs au montage des appareils.

Les prix qui suivent sont extraits des carnets d'attachement de l'atelier de charpente du chemin de fer de Saint-Germain; ils se rapportent à des changements de voies avec aiguilles de 5m.00, en rails à double champignon posés sur traverses reliées par des moises, et avec coussinets fixés au moyen de vis à bois.

CHANGEMENT A DEUX VOIES.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES.	NOMBRE d'heures.	PRIX de l'unité.	PRIX partiel.	PRIX total.
		fr. c.	fr. c.	fr. c.
Coltinage et mise en chantier des bois composant les châssis du changement.	2	» 50	1 »	
Ajustage et montage des ferrures, rabotage avec vis à bois, pose des moises, assemblage des bois. . . .	28	» 50	14 »	
				15 »
Croisement pour changement à deux voies.				
Coltinage et mise en chantier des bois composant le châssis du croisement.	2	» 50	1 »	
Ajustage et montage des ferrures, rabotage, assemblage des bois, etc.	28	» 50	14 »	
				15 »
Changement à trois voies.				
Coltinage et mise en chantier des bois.	2	» 50	1 »	
Ajustage et montage des ferrures, rabotage, assemblage des bois.	30	» 50	15 »	
				16 »
Croisement angle tangente 13°.				
Coltinage et mise en chantier des bois.	2	» 50	1 »	
Ajustage, etc.	28	» 50	14 »	
				15 »
Croisements jumeaux.				
Coltinage et mise en chantier des bois	2	» 50	1 50	
Ajustage, rabotage, etc.	52	» 50	26 »	
				27 50
Traversée de voie.				
Coltinage et mise en chantier des bois.	3	» 50	1 50	
Rabotage, etc.	30	» 50	15 »	
				16 50
Pose des voies entre le changement et les croisements extrêmes.				
Coltinage, rabotage avec vis à bois, mise en place des rails, éclissage. Le mètre courant de voie simple.				» 60

De l'ensemble de ces analyses de prix et de la discussion qui forme la première partie de ce mémoire, on peut conclure que le rail Vignole est, de tous les rails, celui qui convient le mieux pour la construction des changements, croisements et traversées de voies, tant sous le rapport du bon établissement de ces appareils, qu'au point de vue de l'économie de leur construction.

Fig. 2.

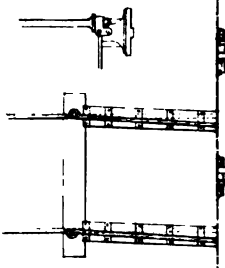
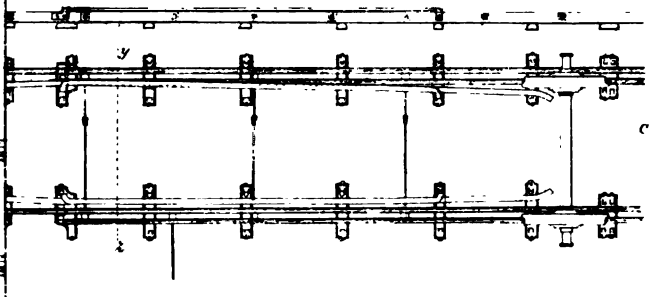


Fig 5.



Coupe z y

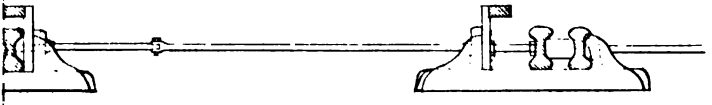


Fig. 7.

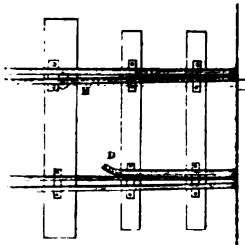
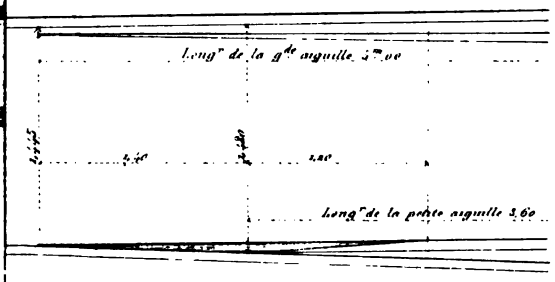
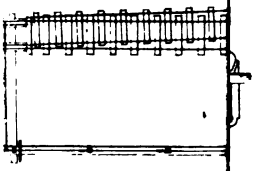


Fig. 9.

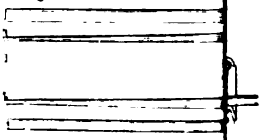




Coupe AB.

Coupe CD.

Fig. n^o



Coupe EF.

Etabl^t de E. Noblet, Editeur

Coupe A B

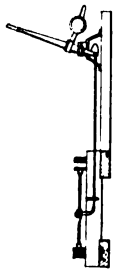


Fig. 14 d

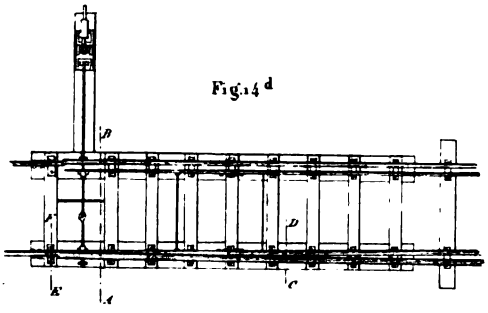
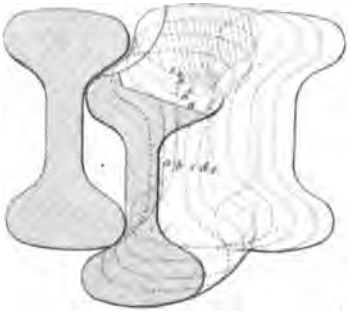


Fig. 19.

Système Richardson.

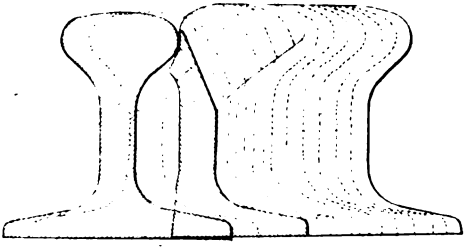


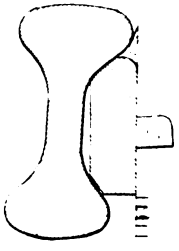
contrecoudé.

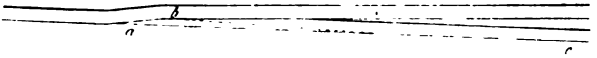
Fig. 16.

Rabotage Wild avec rail contrecoudé

Fig. 24.

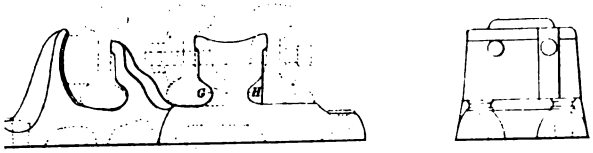




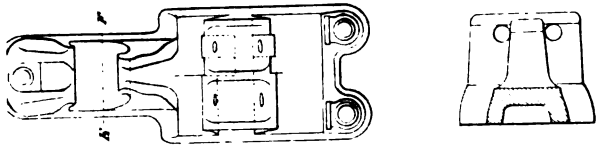


Etabl.t de E. Noblet, Editeur

Fig 28.



Coupe EF.



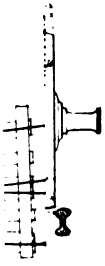


Fig.31.

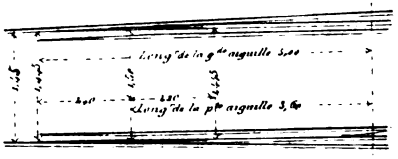


Fig.35.

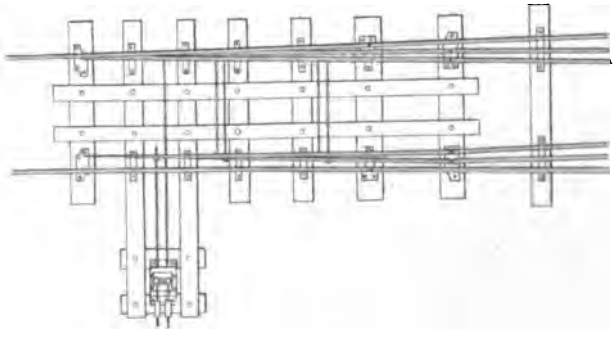


Fig. 37.

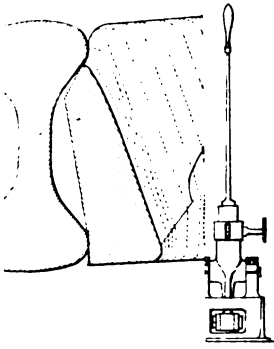


Fig. 42.

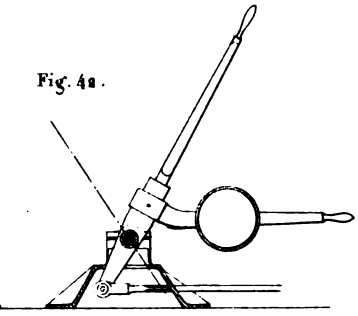
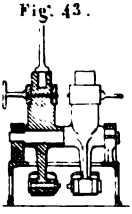
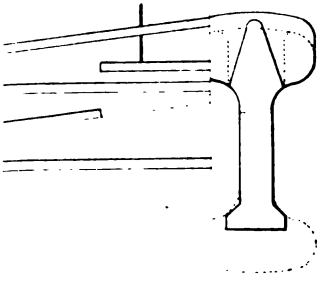


Fig. 43.





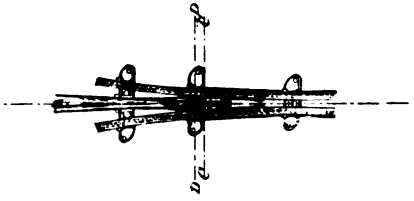
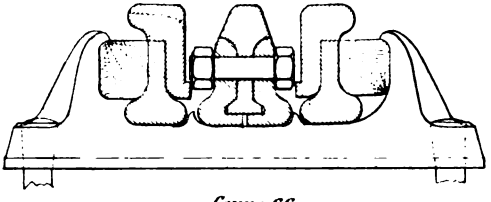
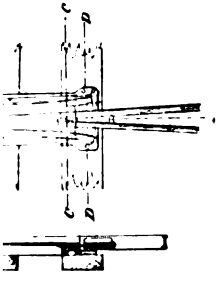


Fig. 49.

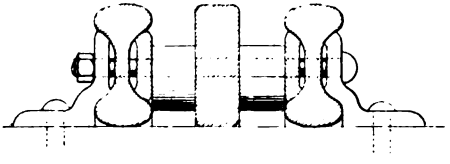
Coupe DD.



Coupe CC.



Coupe CD de la fig. 53.



Coupe DD.

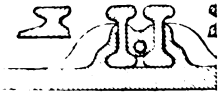


Fig. 58.

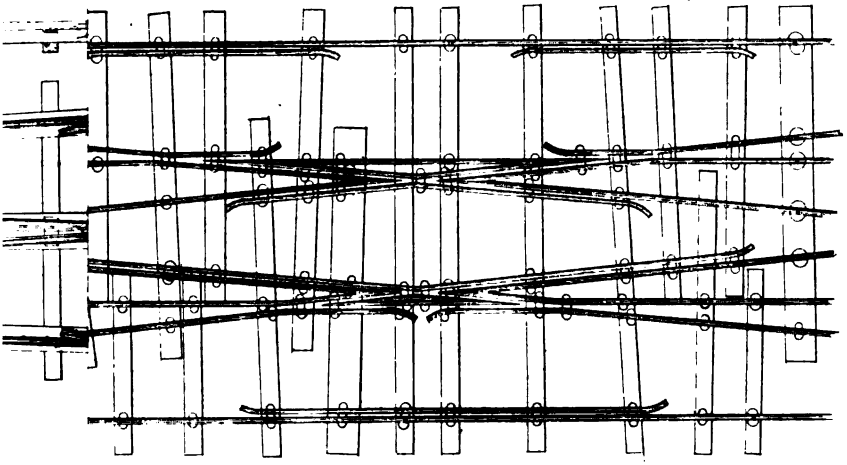
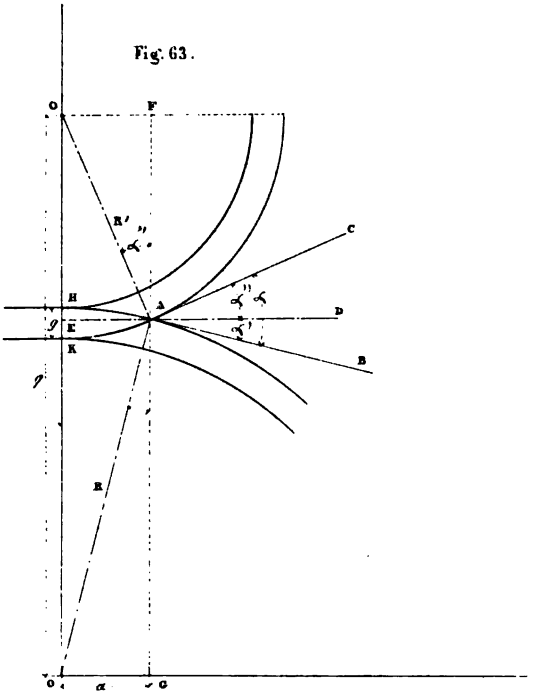


Fig. 63.

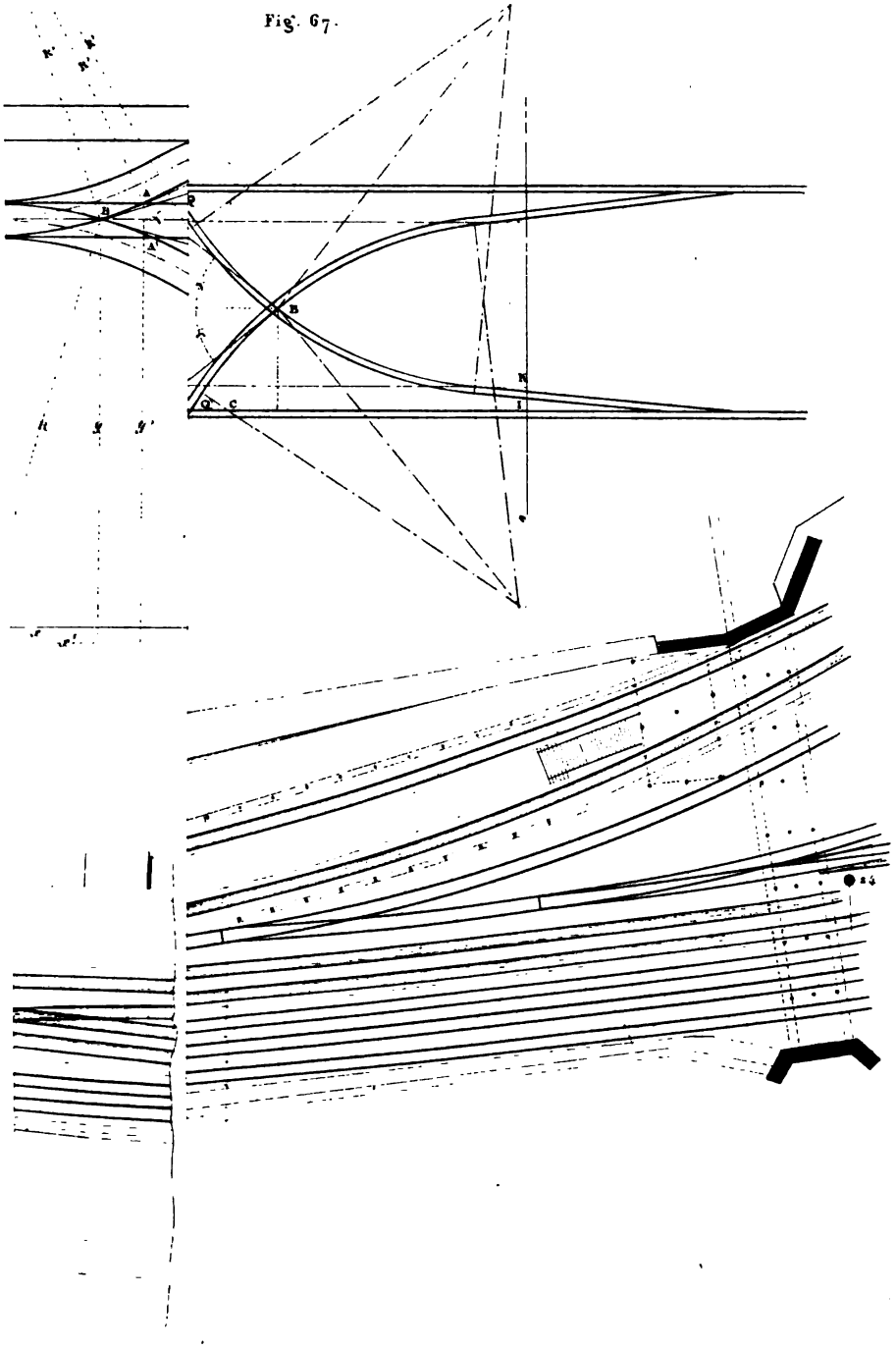


Fil du disque 28.

Fil du disque 24 et 26.

Etabl.t de E. Noblet, Lucien

Fig. 67.



NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

EXTRAITE DU

COURRIER DE LA LIBRAIRIE

(2e TRIMESTRE 1858)

AGRICULTURE, DRAINAGE ET GÉOLOGIE.

Traité des constructions rurales et de leur disposition, des maisons d'habitation à l'usage des cultivateurs; des logements pour les animaux domestiques, écuries, étables, bergeries, porcheries, chenils, etc.; des abris pour les instruments, les récoltes, etc.; par Louis Bouchard. Gr. in-8, 232 pages, 86 planches, figures dans le texte. — Prix : 12 fr.

Notes sur les distilleries agricoles, par M. Brunier, ingénieur civil, à Rouen. In-8, 19 pages.

Système de drainage, comprenant : 1° la préparation des terres à poterie, à l'aide de malaxeurs à cribles et de filtres; 2° la fabrication de tuyaux, briques, carreaux, etc., par une machine à trois cylindres; 3° la description d'un mécanisme moteur, etc.; par Emile Benott. In-8, 23 pages, 1 planche in-fol.

La vérité sur les machines à battre à vapeur et à manége perfectionnées. Expériences concluantes... ; par L. de Planet. In-12, 256 pages, 2 tableaux.

Notes sur diverses questions concernant le soufrage des vignes, par M. Henri Marès, secrétaire perpétuel de la Société d'agriculture de Montpellier. In-8, 19 pages.

Chaux, marne et calcaire coquilliers, leur emploi pour l'amendement du sol; par J. Isidore Pierre, membre correspondant de l'Institut de France. Deuxième édition, entièrement refondue. In-18, 72 pages, 50 cent.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

Les vidanges-engrais de Paris. Note ayant pour but de déterminer l'exacte valeur de cet engrais et de discuter les divers systèmes proposés pour son utilisation, en faisant connaître la méthode qu'il convient d'adopter, par Maxime Paulet, chimiste. In-8, 56 pages.

Considérations chimiques et pratiques sur la combustion du charbon et sur les moyens de prévenir la fumée, par C. Williams, assoc. inst., traduit de l'anglais par D. Bona Christave, lieutenant de vaisseau, publié sous les auspices de S. Exc. l'amiral Hamelin, ministre de la marine, avec l'autorisation de l'auteur. In-8, 324 pages, figures dans le texte. — Prix : 7 fr.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS.

Description du pont en treillis sur la Meuse, près de Maestricht, par J. A. Kool, ingénieur en chef du chemin de fer d'Aix-la-Chapelle, à Landen, par Maestricht. Volume grand in-4 et 8 planches in-folio. — Prix : 10 fr.

CHEMINS DE FER.

Aperçu sur le chemin de fer de Séville à Cadix. In-8, 15 pages, 1 plan.

Enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sûreté de l'exploitation sur les chemins de fer, publiée par ordre de S. Exc. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. Grand in-4, 453 pages. Rapport daté du 1er décembre 1857. Signé : Le vice-président de la Commission d'enquête, E. de Parrieu ; le secrétaire, Prosper Tourneux.

Notice sur les signaux Baranowski, d'après la gravure ci-jointe, expliquant le mécanisme de deux systèmes tout à fait automatiques, destinés à prévenir les collisions de train sur les chemins de fer. In-8, 16 pages, 1 planche.

Petit de Coupray. Annuaire officiel des chemins de fer, publié par l'administration de l'imprimerie centrale des chemins de fer, sous la direction, de M. Petit de Coupray, ancien élève de l'Ecole polytechnique. In-18, 803 pages, 1 carte. — Prix : 6 fr.

Les chemins de fer aujourd'hui et dans cent ans chez tous les peuples. Economie financière et industrielle, politique et morale des voies ferrées ; par A. Audiganne. In-8, 461 pages. — Prix : 7 fr. 50 c.

Matériel de terrassements. Introduction de courbes à rayons réduits dans le train des voies, par M. Dorsaz, conducteur des ponts et chaussées. In-8, 7 pages, 1 plan.

Etude sur les conséquences du chemin de fer de Mont-de-Marsan à Tarbes, et du réseau pyrénéen, par H. de Rességuier, proviseur en retraite. In-8, 21 pages.

Les chemins de fer espagnols, par A. Germond de Lavigne. In-8, 56 pages.

Mémoires sur les limites des vitesses qu'on peut imprimer aux trains des chemins de fer sans avoir à craindre la rupture des rails, par M. Mahistre. In-8, 57 pages.

Les chemins de fer du Nord en Espagne, par Emile Barrault. In-18, 209 pages, 1 carte.

ENSEIGNEMENT.

Manuel des conducteurs des ponts et chaussées et des agents voyers, rédigé d'après le programme officiel des études mathématiques, par J. Regnault, bachelier ès sciences mathématiques. In-8, 396 pages, 12 planches. — Prix : 7 francs.

Manuel des aspirants aux fonctions de conducteur et d'agent voyer. Cours complet de mathématiques élémentaires, suivi d'applications pratiques à l'art de l'ingénieur; par Vauthier, ingénieur des ponts et chaussées, et Allyre Bureau, ancien élève de l'Ecole polytechnique. In-18, 657 pages, 9 planches. — Prix : 6 fr.

MÉCANIQUE.

Publication industrielle des machines, outils et appareils les plus perfectionnés et les plus récents employés dans les différentes branches de l'industrie française et étrangère, par M. Armengaud aîné, ingénieur. Gr. in-8, 488 pages. — Prix avec atlas de 40 planches in-fol., 35 fr.

Note sur quelques formules pratiques employées pour le service spécial des appareils à vapeur, par M. Berthelemot, conducteur des ponts et chaussées à Saint-Jean-de-Losne. In-8, 20 pages, 1 planche.

Observations sur les flotteurs indicateurs de niveau d'eau dans les générateurs à vapeur, par M. Edmond Cox. In-8, 6 pages, 1 planche.

Traité de mécanique rationnelle, comprenant la statistique comme cas particulier de la mécanique; avec figures intercalées dans le texte; par M. Charles de Freycinet, ingénieur au corps impérial des mines. 895 pages.

Note sur les grues et appareils de Lesage, sans tambour et à chaîne de Galle; par Camille Neustadt, ingénieur civil. In-4, 11 pages, 19 planches.

Le Moteur des convois, des grands tunnels, et, en particulier, du tunnel sous-marin; par M. J. Niklès, professeur à la Faculté des sciences de Nancy. In-8, 32 pages.

Théorie des corps fibreux ou, plus exactement, des appareils résistant par pression et tension, en bois, en fer, en tôle ou en fonte de fer; par M. V. Fabré. In-8, 62 pages, 1 planche. — Prix : 3 fr.

Aperçu scientifique sur la génération de la vapeur du système dit pneumato-sphéroïdal de M. Testud de Beauregard, ingénieur civil. In-4, 3 pages.

Touboulic. Véloposte, nouvelle voie locomotive, chemin sur câble-rail mobile en fils de fer, par P. Touboulic. In-8, 16 pages.

Essai sur l'équivalent mécanique de la chaleur, par M. Ch. Laboulaye, ancien élève de l'Ecole polytechnique. In-8, 124 pages.

MINES ET MÉTALLURGIE.

Théorie générale des recherches sur les parties de filons rejetées par d'autres filons ou par des failles; par M. Graff, ingénieur civil des mines. In-4, 7 pages, 1 planche.

STATISTIQUE ET LÉGISLATION.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 5 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics. In-4, 503 pages, 51 planches.

TÉLÉGRAPHIE.

Réflexions sur le projet des lignes transatlantiques, par Ch. M. Nillus, ingénieur. In-8, 20 pages.

Rapport fait à l'Académie nationale de l'industrie sur le système d'avertisseur électrique pour la manœuvre des disques-signaux des chemins de fer de MM. Dufau et Allard, par le vicomte Th. du Moncel. In-8, 14 pages.

Eléments de télégraphie sous-marine. 1re partie. Route à suivre. — Construction du câble, difficultés électriques. — Construction du câble, difficultés mécaniques. — Emission du câble. — 2e partie. Pose du câble transatlantique entre l'Irlande et Terre-Neuve, par A. Delamarche, ingénieur hydrographe de la marine. In-8, 83 pages.

Note sur les courants électriques engendrés par le magnétisme terrestre, par M. Lamy. 16 pages, 1 planche.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Juillet, Août et Septembre 1858)

N° 3

Pendant ce trimestre, on a traité les questions suivantes :

1° Pile électrique à un seul liquide du système Grenet (Voir le résumé de la séance du 16 juillet, page 197);

2° Préparation des bois au sulfate de cuivre par le vide et la pression, procédé de MM. Légé et Fleury-Pironnet (Voir le résumé de la séance du 16 juillet, page 199);

3° Largeur de la voie des chemins de fer algériens (Voir le résumé de la séance du 16 juillet, page 204);

4° Application d'une locomobile à la manœuvre d'un pont roulant de chemin de fer (Voir le résumé de la séance du 16 juillet, page 204);

5° Machine fixe de 45 chevaux destinée à élever l'eau de la Loire pour l'alimentation de la ville d'Angers (Voir le résumé de la séance du 20 août, page 206);

6° Etudes des principales variétés des houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France, et Etude sur la tourbe (Voir le résumé de la séance du 20 août, page 209);

7° Application d'une locomobile pour manœuvrer les grandes plaques tournantes de 11 à 12 mètres de diamètre, et laver les chaudières de locomotives (Voir le résumé de la séance du 20 août, page 212);

8° Freins des chemins de fer (Voir le résumé de la séance du 17 septembre, page 215);

9° Essais au frein dynanométrique de deux machines locomobiles de 9 chevaux construites par M. Calla (Voir le résumé de la séance du 17 septembre, page 216);

10° Pose du câble transatlantique (Voir le résumé de la séance du 17 septembre, page 219);

11° Fabrication des rails (Voir le résumé de la séance du 17 septembre, page 220).

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° Du journal *The Engineer*, les numéros de juin, juillet et août 1588;

2° De M. Valério, membre de la Société, un échantillon de fonte provenant de la Franklinite;

3° De M. Goschler, membre de la Société, les Dessins des machines locomotives à marchandises et à voyageurs, et le dessin du rail, éclisses, platine, boulons et crampons du chemin de fer Hainaut et Flandres;

4° De M. Curtel, membre de la Société, un Travail sur la fabrication et la réception des rails;

5° De M. Tourneux (Félix), membre de la Société, une Brochure intitulée : *Du taux légal de l'intérêt;*

6° De M. Pinat, membre de la Société, un Mémoire sur le soudage des cercles, bandages des roues pour locomotives;

7° De M. Maldant, membre de la Société, une Brochure sur les docks à Bordeaux;

8° De M. Schivre, membre de la Société, une Note sur l'emploi de la vapeur pour manœuvrer les grandes plaques tournantes de 11 à 12 mètres de diamètre, et laver les chaudières des locomotives;

9° De M. Geoffroy, membre de la Société, une Note sur l'application d'une locomobile à la manœuvre d'un pont roulant de chemins de fer;

10° De M. Jacquin, membre de la Société, un exemplaire du Mémoire de M. Bruère sur les assainissements et consolidations de talus;

11° De M. Damourette, ingénieur, deux Brochures ayant pour titres: 1° *Résistance de la fonte de fer à la compression*, 2° *Brevets d'invention, dessins et marques de fabrique;*

12° De la Société d'encouragement, son Bulletin des mois de juin et juillet 1858;

13° De M. Grivel, un exemplaire d'une Note explicative de son appareil dit *avertisseur* ou *signal d'arrêt des trains;*

14° De l'Institution of Mechanical-Engineers, le numéro de leur dernier Bulletin;

15° De la Société de l'Industrie minérale de Saint-Etienne, ses Bulletins du 4e trimestre de l'année 1857 et du 1er trimestre 1858;

16° De M. Vauthier, membre de la Société, un exemplaire de son Manuel des Aspirants aux fonctions de conducteur et d'agent voyer;

17° De la Société des anciens Elèves des Ecoles impériales des arts et métiers, un exemplaire de leur Annuaire de 1858;

18° Des *Annales des conducteurs des ponts et chaussées*, les numéros de juillet et août 1858;

19° Des *Annales forestières et métallurgiques*, les numéros de juillet et août 1858;

20° De M. Noblet, éditeur, un exemplaire de la 3e livraison de 1858 de sa Revue universelle des mines, de la méiallurgie, des travaux publics, des sciences et des arts;

21° De M. Ebray, membre de la Société, un exemplaire de ses Etudes géologiques sur le département de la Nièvre;

22° De M. Desnos, membre de la Société, un exemplaire de son Annuaire des inventeurs et des fabricants;

23° De M. Petitpierre Pellion, ingénieur civil des mines, un exemplaire de son Mémoire sur la combustion de la fumée et des gaz combustibles;

24° De M. Bourset, membre de la Société, une Note sur la construction des bâtiments en pans de bois du chemin de fer de Bordeaux à Bayonne;

25° De M. Oppermann, les numéros de juillet, août et septembre des *Nouvelles Annales de la construction* et du *Portefeuille économique des machines;*

26° De M. Fried. Krupp, un Atlas contenant une collection des diverses pièces exécutées dans ses usines;

27° De M. Emile With, un exemplaire de son Manuel aide-mémoire du constructeur de travaux publics et de machines;

28° De M. Emile Barrault, un exemplaire d'une Note sur les brevets d'invention en France et à l'étranger;

29° De la Société de Mulhouse, un exemplaire de son Bulletin, n° 144;

30° Des *Annales télégraphiques*, le numéro de juillet et août 1858;

31° De la Société des ingénieurs civils de Londres, le résumé des séances des 11 et 18 mai;

32° De M. Ebray, membre de la Société, un exemplaire d'une Brochure sur les études paléontologiques du département de la Nièvre;

33° De M. Regnault, membre de la Société, un exemplaire d'un Mémoire descriptif des appareils indicateurs électriques;

34° Des *Annales des ponts et chaussées*, le numéro de mai et juin 1858;

35° Des *Annales des mines*, la 2e livraison de 1858;

36° Du journal *L'Invention*, les numéros d'août et septembre;

37° De la Société impériale et centrale d'agriculture, un exemplaire de son dernier Bulletin;

38° De M. César Daly, les numéros 1 et 2 de la Revue générale d'architecture, 1858;

39° De la Société des Ingénieurs autrichiens, les sept premiers numéros de leur Revue périodique.

Les membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois de juillet,

MM. Baudouin, présenté par MM. Desnos, Flachat et Loustau.
Pierron, présenté par MM. Flachat, Rhoné et Chabrier.

RÉSUMÉ DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT LE 3e TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1858.

SÉANCE DU 16 JUILLET 1858.

Présidence de M. FLACHAT.

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société du décès de deux de ses membres, MM. GAJEWSKI et LEPELERIN.

M. Gajewski, ancien élève de l'Ecole centrale des arts et manufactures, avait été envoyé d'abord dans les forges françaises et plus tard en Angleterre par la Compagnie du chemin de fer du Midi pour la réception du matériel; en dernier lieu, il était ingénieur des chemins de fer russes. Il est mort à la suite de blessures reçues lors de l'explosion d'une locomotive à Manchester, explosion qui a eu lieu au moment des essais. M. Gajewski a laissé des trayaux pleins d'intérêt sur les missions qu'il a eu à remplir. La Société en sera ultérieurement entretenue.

M. Lepelerin était aussi un ancien élève de l'Ecole centrale des arts et manufactures; il était attaché à la Compagnie du chemin de fer du Midi.

M. EMILE BARRAULT communique ensuite une note sur la construction d'une pile électrique à un seul liquide du système Grenet.

M. Emile Barrault fait d'abord un historique des piles employées jusqu'à ce jour, et signale les inconvénients que l'on pouvait leur reprocher.

Après avoir parlé de la pile de Volta et de celles de MM. Grove et Bunsen, il fait l'historique des essais tentés pour employer dans les piles le bichromate de potasse. M. Bunsen signale le premier ce corps aux électriciens, en appelant en même temps leur attention sur les inconvénients que présente ce liquide associé avec des électrodes ou charbon fabriqué.

Plus tard, l'emploi du bichromate de potasse a été proposé par des chimistes anglais, les docteurs Leeson et Warington. Ce dernier crut obtenir plus d'énergie avec le platine qu'avec le cuivre et le charbon, opinion qui fut rectifiée par les expériences de Poggendorff.

Mais Poggendorff ne résolut point le problème et se trouva arrêté par suite de ce que, dans ses expériences, il trouva que le charbon et le zinc se couvraient très promptement d'un fort dépôt d'oxyde de chrome.

Ce qui avait échappé à ce remarquable chimiste, c'est que l'oxyde de chrome jouit de la propriété de se dissoudre dans un liquide riche en acide chromique, surtout quand ce liquide est agité et que l'agitation est produite par de l'*air insufflé* directement sur les éléments : car l'oxygène agit d'une

manière efficace, soit en se dissolvant dans le liquide, soit en augmentant l'oxydation du zinc.

M. Grenet, en utilisant cette propriété, a pu combattre la décroissance du courant électrique et obtenir une pile constante et énergique à un seul liquide avec des appareils simples et d'une construction économique.

Cette pile se compose de plaques en charbon et de plaques en zinc ou en fer, placées alternativement sur un châssis à rainures qui maintient leur écartement.

Toutes les plaques de même substance sont réunies par un conducteur commun en cuivre.

Les conducteurs et leurs points de jonction avec les plaques sont recouverts d'une matière isolante.

Le fond du châssis à rainure est creux et est percé de petits trous verticaux qui correspondent aux intervalles des plaques. Le fond de ce châssis communique à un tube qui se rend à un appareil d'insufflation d'air.

Ce châssis est muni d'une poignée pour le service de la pile.

Le liquide excitateur est de l'eau acidulée d'acide sulfurique, depuis un cinquième jusqu'à un centième, et du bichromate de potasse à saturation.

Ce liquide est mis dans un vase approprié à l'usage que l'on désire. Il n'est pas indispensable, si le liquide est abondant par rapport à la dimension de la batterie, d'en faire le renouvellement par un écoulement; mais, dans le cas contraire et pour un usage continu, le renouvellement du liquide peut se faire, soit par masses de temps à autre, soit par un écoulement constant.

Aussitôt que l'on plonge la pile dans le liquide, on fait jouer la soufflerie, l'air chasse le liquide qui se trouve dans le fond du châssis, et, en sortant avec force par les petits trous verticaux, l'agite violemment; le courant est constant tout le temps que durent l'insufflation et le même état du liquide.

Le liquide ayant servi peut être saturé de nouveau; il peut servir à de nouvelles opérations jusqu'à ce qu'il soit trop chargé de sels solubles. Dans ce cas, on peut tirer parti des résidus.

Le service de la pile terminé, on plonge la batterie dans l'eau fraîche; on peut aussi se servir de l'insufflation pour le nettoyage.

Les batteries, pour produire des effets de tension ou des effets de chaleur, peuvent être disposées, comme les piles à la Wollaston, de Munck, de Smée, etc., et, en y appliquant l'insufflation et en employant le bichromate de potasse, comme liquide excitant.

M. Emile Barrault fait observer que l'insufflation constante et la permanence de l'état du liquide, dont l'emploi simultané forme la base de ce système, sont toutes deux indispensables à l'entretien d'un courant énergique et constant. Si l'on se bornait à adopter l'un ou l'autre de ces deux procédés, le résultat serait incomplet et l'appareil hors d'état de rendre un service durable. En effet, lorsqu'on arrête l'écoulement, le liquide excitateur s'appauvrissant de plus en plus, le courant décroît. Aussitôt qu'on arrête l'insufflation, un dépôt abondant d'oxyde de chrome se forme sur les éléments et vient paralyser les effets du courant. On peut s'en assurer en intercalant,

dans le circuit, un fil conducteur qui commence par s'échauffer, puis passe au rouge blanc, et qui s'éteint subitement lorsqu'on cesse de souffler; au premier coup de piston, il s'échauffe de nouveau et reprend son incandescence primitive par l'effet des coups de piston suivants.

Cet effet nouveau est si prompt et si apparent qu'on peut suivre l'afflux de l'air en regardant le fil qui rougit comme le ferait un charbon dans un foyer lorsqu'on active le feu.

Il est également indispensable d'employer un liquide oxydant : car, en se servant d'eau acidulée d'acide sulfurique, on n'obtiendrait aucun résultat de l'insufflation.

Mais, en prenant simultanément toutes les précautions que nous indiquons, on peut arriver à obtenir un courant constant, dont rien ne limite l'énergie, si ce n'est la dimension de l'appareil.

M. Barrault fait jouer devant les membres de la Société une pile du système Grenet, dont l'action se traduit sur un large fil de platine qui rougit immédiatement. Il indique alors les nombreuses applications que cette pile peut recevoir : lumière électrique, télégraphie, soudure, emploi pour l'éclairage des mineurs, des phares et de la navigation.

En résumé, la manœuvre de cette pile est très simple, et la multiplication des couples n'y apporte aucune complication ; elle ne le cède en rien aux piles les plus puissantes connues jusqu'à présent ; elle l'emporte même sur celles-ci par sa simplicité et son usage économique et facile, ainsi que par l'absence d'émanations insalubres. Avec peu de moyens, elle permet d'obtenir de grandes forces, qui pourront se trouver utilisées avantageusement dans les arts et dans l'industrie.

Un Membre fait observer que cette communication indique plutôt l'avenir d'un appareil nouveau, qu'elle ne signale des résultats définitifs. Il demande en outre si la pile ne se détruira pas très rapidement.

M. E. Barrault répond que la destruction de la pile sera sans doute très prompte, mais que c'est précisément le problème que M. Grenet a cherché à résoudre. Pour produire un effet déterminé, il faut consommer une quantité de zinc correspondante, et, ce qui importe pour des applications industrielles, c'est de produire cette consommation dans le temps le plus faible possible et sous le volume *minimum*. Les piles de M. Grenet sont donc très avantageuses sous ce rapport, puisque, sous le même volume, elles sont cinquante fois plus fortes que les piles ordinaires.

M. Richoux donne ensuite communication d'une note sur la préparation des bois au sulfate de cuivre par le vide et la pression, d'après le procédé de MM. Legé et Fleury-Pironnet.

De toutes les substances employées à la préparation industrielle des bois, deux seules, l'huile de goudron des usines à gaz, ou créosote brute, et le sulfate de cuivre, ont une efficacité bien établie.

En France, la rareté de la créosote et son prix élevé en limitent beaucoup les applications. D'un autre côté, l'inflammabilité des bois ainsi préparés, leur odeur désagréable et persistante, les éloignent des constructions, pour laisser le champ libre aux applications des bois préparés par le sulfate de cuivre; mais il faut bien le reconnaître, la préparation d'après les pro-

cédés de M. Boucherie est encore d'un prix trop élevé, et elle exige des soins qui retardent le développement de cette industrie.

Le procédé de M. Legé permet de diminuer de près de moitié le prix de revient de la préparation, tout en conservant le dosage du liquide injecté.

Examinons d'une manière rapide les procédés de préparation de M. Legé.

L'appareil qui sert à l'injection des bois se compose :

1° D'un cylindre en cuivre de $11^{m}.50$ de longueur et de $1^{m}.60$ de diamètre, terminé, d'un bout, par une calotte hémisphérique rivée au corps du cylindre, et, à l'autre bout, par une cornière, contre laquelle vient se fixer, par des mâchoires à vis de pression, un fond légèrement bombé ;

2° De petits chariots roulants, avec essieux et roues en cuivre, sur lesquels on charge les bois à préparer, pour les amener sur la voie fixée dans l'intérieur de l'appareil ;

3° D'une locomobile de la force de dix à douze chevaux, servant de générateur pour la vapeur qu'on doit injecter dans le cylindre, et de moteur pour la manœuvre des pompes à air et d'injection.

Les opérations dont nous donnerons plus loin les résultats sont conduites de la manière suivante :

La chaudière de la locomobile est mise en communication avec le cylindre préparateur, de manière à le faire traverser dans toute sa longueur par un courant de vapeur, auquel on donne issue dans l'air en ouvrant un robinet placé à la partie inférieure de l'appareil.

Cette partie de l'opération, qui dure quinze minutes environ, a pour but d'échauffer sensiblement les pièces de bois pour dilater et faire sortir une partie des gaz et des liquides du tissu ligneux. Dès que la vapeur sort sans entraîner de matières étrangères, on ferme les robinets et on met le cylindre en communication avec un condenseur dans lequel on fait arriver un courant d'eau froide, qu'on évacue avec une des pompes à air placées sur la locomobile ; on interrompt la circulation d'eau, puis on fait le vide, et on le maintient un quart d'heure environ à la pression de 0.09, à 0.10 de mercure.

C'est alors seulement qu'on ouvre le robinet de la conduite qui fait communiquer le cylindre avec la dissolution de sulfate de cuivre.

Cette dissolution, qui contient 2 kilogrammes de sulfate de cuivre par 100 litres d'eau, et qui est à une température de 40 à 45° centigrades, s'introduit naturellement dans le cylindre, dont on complète le remplissage par une pompe foulante. On fait agir cette pompe jusqu'à ce que la pression s'élève et se maintienne à 10 atmosphères.

Cette partie de l'opération dure une demi-heure environ, après quoi il ne reste plus qu'à ouvrir le cylindre pour retirer les chariots.

Différentes expériences ont été faites dans ces conditions, en présence et avec le concours de M. de Hennezel, ingénieur en chef des mines du département de la Sarthe, de M. Capella, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et de quelques ingénieurs de chemins de fer, pour constater les quantités de liquide introduites dans des bois de différentes natures. Le tableau suivant indique les résultats obtenus :

Numéros des cubes.	ESSENCES.	TEMPS		CUBE	POIDS		DENSITÉ.	POIDS	AUGMENTATION
		de coupe.	de sciage.	de chaque pièce.	avant l'opération	après l'injection		de la dissolution absorbée.	de poids par kilog. de bois.
				m.	k.	k.		k.	k.
59	Charme.	10 ans.	8 ans	0.0464	33.90	62.00	0.685	28.10	0.83
60	Hêtre.	5 ans.	4 ans	0.0933	71.60	119.50	0.717	47.90	0.68
61	»	5 mois	2 mois 1/2	0.0562	47.00	69.00	0.836	22.00	0.47
62	»	»	»	0.0574	47.50	71.60	0.827	24.10	0.55
63	»	»	»	0.0517	44.00	64.10	0.851	20.10	0.45
64	»	»	»	0.0510	42.00	61.50	0.823	19.50	0.46
65	»	»	»	0.0615	50.70	77.90	0.825	23.30	0.52
66	»	»	»	0.0190	15.80	22.60	0.832	6.80	0.43
45	Hêtre.	4 mois.	2 mois	0.104	75.00	121.50	»	46.50	0.62
46	»	4 »	2 »	0.104	65.00	108.00	»	43.00	0.68
47	»	16 »	2 mois 1/2	0.100	71.50	111.00	»	39.50	0.55
48	»	4 »	2 mois	0.104	73.00	114.80	»	41.80	0.57
49	Pin maritime.	6 »	2 »	0.097	56.00	98.60	»	42.60	0.76
50	»	6 »	2 »	0.084	45.00	83.00	»	38.00	0.84
51	»	6 »	2 »	0.097	59.90	104.00	»	44.10	0.73
52	»	6 »	2 »	0.076	45.70	85.30	»	39.60	0.86
53	Hêtre.	5 ans.	4 ans	0.377	27.00	47.00	»	20.00	0.74
»	»	15 mois	45 jours	0.095	78.60	133.00	»	55.00	0.70
»	Pin maritime.	4 »	id.	0.098	76.00	124.00	»	48.00	0.63
»	Peuplier.	4 »	en billes	0.112	65.00	106.00	»	41.00	0.63
»	Sapin.	4 »	12 heures	0.081	69.00	102.00	»	33.00	0.48
»	Chêne.	4 »	3 mois	0.059	53.00	66.00	»	13.09	0.24
»	Châtaignier.	»	»	»	155.00	213.00	»	58.00	0.37

D'après les échantillons mis sous les yeux de la Société, il est facile de constater que la préparation atteint complétement le cœur du hêtre, et qu'elle pénètre celui du pin maritime jusqu'à près de 1 centimètre.

Pour bien comprendre les avantages du procédé de M. Legé, nous résumons (d'après M. Maniel) les principales conditions que doivent remplir les bois soumis à la préparation par le procédé de M. Boucherie.

Les bois doivent être sains, bien droits, sans trace de pourriture, de gélivure ou de roulure : car le liquide à introduire, suivant le chemin le plus facile, passerait par les fentes sans pénétrer le bois.

Les arbres abattus du mois de mars au mois de décembre précédent doivent être mis en préparation du commencement de mars à la fin de mai, et ceux coupés de mars à décembre doivent recevoir le sulfate de cuivre dans les quinze jours qui suivent l'abatage.

Les branches et la tête des arbres doivent être rognées aussitôt après la coupe de l'arbre.

Il faut avoir soin de laisser à chaque bout des pièces une longueur d'au moins 10 centimètres en sus de celle que doit avoir la pièce à préparer, afin de pouvoir la rafraîchir au moment de la mise en préparation.

La culée de l'arbre et la portion de la tête trop petite pour servir à la confection des traverses ne doivent être coupées qu'au moment où les pièces vont être enlevées pour être mises en chantier.

Toutes ces précautions ont pour but d'éviter la coagulation de l'albumine contenue dans les fibres du bois, coagulation qui aurait pour effet de former dans les canaux séveux une série de diaphragmes capables d'équilibrer pendant plusieurs heures une colonne de liquide de 10 mètres de hauteur, en opérant sur des bois tronçonnés depuis deux ou trois jours, et qui pourraient même s'opposer d'une manière complète à la préparation des bois qui auraient été laissés au soleil pendant les grandes chaleurs.

La durée de la préparation est de 48 à 60 heures pour les bois de dimensions moyennes, abattus en saison convenable, et des essences telles que le charme, le hêtre, le bouleau, le platane et le sycomore. Il faut de 60 à 80 et quelquefois 100 heures pour préparer les bois de hêtre, de $0^{m}.60$ à $0^{m}.80$ de diamètre, et de $2^{m}.50$ à $2^{m}.70$ de longueur.

On admet généralement que la durée de la préparation varie en raison du carré des longueurs et en raison directe du diamètre.

Le bois à cœur, comme le chêne, l'orme, le merisier, toutes les espèces de peuplier, les résineux, l'acacia, sont plus longs à préparer; ils demandent de cinq à huit jours.

De cet exposé on peut conclure que la préparation en vase clos a sur le procédé Boucherie les avantages suivants :

1° Le temps écoulé entre l'abatage et la mise en préparation n'a pas d'influence sensible sur la pénétration du liquide antiseptique.

2° Les bois équarris se préparent aussi bien que les bois en grume, résultat important : car il est toujours coûteux de préparer un arbre entier lorsqu'on doit en faire disparaître près du quart pour le mettre en état de servir à la confection des charpentes; d'autre part, il est toujours gênant d'être obligé de vider une coupe dans un court délai.

3° Dans la préparation Boucherie, le cœur des bois durs n'est jamais pénétré, et si le débitage vient mettre à nu cette partie du bois, on ne peut être assuré de sa conservation. Dans le procédé de MM. Legé et Fleury, les parties du cœur mises à nu par le débitage se trouvent imprégnées, à la vérité, sur une faible profondeur, mais sur une profondeur suffisante pour former une enveloppe conservatrice.

La faculté de préparation des bois débités est encore précieuse sous le rapport du fendillement et du débitage : car on a observé que les bois en grume se fendillent bien plus facilement que les bois débités en plateaux, et que le sciage des bois préparés est beaucoup plus difficile que celui des bois non imprégnés de sulfate de cuivre.

Quant au prix de revient des deux procédés, tout l'avantage est du côté de la préparation en vase clos.

En effet, d'après les expériences faites au chemin de fer du Nord sur des traverses provenant de bois abattus dans les meilleures conditions pour la préparation Boucherie, on peut évaluer le prix de revient de la manière suivante :

Frais de transport des bois, pour 1,000^{m3}, à 2 fr. 50 c.	2,500	»
Sulfate de cuivre employé, y compris la perte, 6,100 kil. à 1 fr. 20 c.	7,320	»
Main-d'œuvre des ouvriers.	2,247	»
Frais généraux ne comprenant que les appointements du garde-chantier et les dépenses faites par lui.	655	75
Frais divers ne comprenant que l'entretien des appareils et outils.	382	»
Amortissement en dix ans et à 5 p. 100 d'une somme de 4,064 fr. 90 c., représentant la dépense d'installation d'un chantier de 100 mètres de longueur pour trois mois, pendant lesquels on a préparé 1,000^{m3} de bois	131	60
Total.	13,236	35

Soit 13 fr. 236 par mètre cube, ou 1 fr. 20 c. par traverse. On compte généralement 14 fr. par mètre cube.

Les dépenses de préparation par le procédé de M. Légé peuvent s'évaluer ainsi qu'il suit :

Huit hommes à la charge et à la décharge, injectant 700 traverses par jour, à 3 fr. l'un.	24	»
Un chauffeur.	5	»
Un conducteur de chantier.	6	»
Chauffage de la machine.	20	»
Entretien et graissage	5	»
Sulfate de cuivre, 352 kilog. à 1 fr. 20 c.	422	40
Amortissement en dix ans à 5 p. 100 d'une somme de 40,000 fr., représentant la valeur des appareils, par jour.	15	»
Total.	497	40

Soit 7 fr. 77 c. par mètre cube, et 0 fr. 71 c. par traverse.

Ainsi, le prix de revient de la préparation des bois par le procédé de MM. Legé et Fleury Pironnet est presque moitié moindre que celui du procédé Boucherie.

M. LE PRÉSIDENT fait part à la Société de la proposition qui lui a été faite par M. Alexis Barrault de mettre à l'ordre du jour la question de la largeur de la voie pour les chemins de fer algériens. Le Gouvernement s'occupant en ce moment de la construction de ces chemins de fer, il semble opportun de discuter en séance les avantages respectifs de la voie large et de la voie étroite, afin de pouvoir recommander le système le plus favorable. L'opinion de M. Barrault est que la voie large paraît préférable. Il est bien reconnu que les machines locomotives actuelles sont trop faibles, et que la surface de chauffe devrait pouvoir être augmentée de manière à utiliser le maximum d'adhérence que la conservation de la voie doit seule limiter. Avec une voie plus large on pourrait leur permettre de remonter de plus fortes rampes en augmentant les poids remorqués. Cette question, qui rentre du reste dans celle de l'établissement des chemins de fer actuellement à l'ordre du jour, sera discutée dans la prochaine séance.

Il est ensuite donné lecture d'une Note de M. Geoffroy, membre de la Société, chef du bureau des études de l'atelier central du chemin de fer du Nord, sur l'application d'une locomobile à la manœuvre d'un pont roulant de chemin de fer.

Il s'agissait, au chemin de fer du Nord, d'expérimenter la propulsion régulière des ponts roulants par machines à vapeur au point de vue de l'établissement de remises rectangulaires pour locomotives.

L'expérience a été faite sur un pont roulant des ateliers de montage de La Chapelle.

Le pont a 11 mètres de long sur 5 mètres de large; il est porté par 10 galets roulant sur cinq rails parallèles; il pèse 12 tonnes, et lorsqu'il est chargé d'une locomotive à marchandises (système Engerth) pesant, pleine d'eau et de coke, 63 tonnes, le poids total à remorquer est de 75 tonnes.

Le pont est établi pour être mû à bras, au moyen de deux treuils à manivelles.

Lorsqu'il est chargé, il faut une heure et demie à huit hommes pour lui faire parcourir la longueur moyenne de la fosse (80 mètres). Ce même chemin est parcouru en 15 minutes lorsque le pont est vide.

L'application d'une locomobile ordinaire de six chevaux, construite par M. Calla, a été essayée de la manière suivante :

On a démonté les deux roues du train d'arrière en reliant la boîte à feu au tablier du pont, et on a allongé l'essieu d'avant pour faire porter les deux roues de l'avant-train sur les rails de la fosse; enfin, pour supprimer la mobilité de l'avant-train, l'essieu a été relié au pont à l'aide de deux tirants en fer dont la longueur est réglée par des écrous.

De cette manière, la locomobile est, pour ainsi dire, attelée au pont au moyen de traits rigides. Elle transmet son mouvement propre au moyen d'une courroie et d'une poulie fixée sur l'arbre de l'un des deux treuils.

Pour les petites manœuvres, telles que le transport des grues roulantes, des roues, etc., d'une fosse à l'autre de l'atelier de montage, lorsque la ma-

chine n'est pas en pression, on peut faire tomber la courroie et manœuvrer à bras d'hommes.

Les conditions d'établissement de la locomobile sont les suivantes :

Grille	Longueur	0.490
	Largeur	0.590
	Surface	0mq.29
Tubes en laiton	Nombre	21
	Longueur	1.970
	Diamètre intérieur	0.055
Surface de chauffe	Foyer	1mq.920
	Tubes	3mq.320
	Totale	5mq.240
Diamètre du corps cylindrique		0.580
Tension de la vapeur		6 atmosph.
Diamètre du cylindre		0.160
Course du piston		0.300
Diamètre de la poulie motrice		0.910
— —	au treuil	1m.000
Rapport du chemin parcouru par le pont (0m.110) au chemin parcouru par le piston (0m.300)		0m.183

La locomobile fonctionne à une vitesse de 150 tours par minute. Elle fait parcourir au pont la longueur moyenne de la fosse (80 mètres) en cinq minutes lorsque le pont est chargé. Elle fait un service régulier depuis le 15 septembre 1857.

La dépense par vingt-quatre heures, en supposant que la locomobile travaille un dixième du temps et qu'elle soit constamment maintenue allumée pendant les neuf autres dixièmes, peut être estimée comme suit :

Menu coke, 150 kilos à 1 fr. 50	2 f. 25
Graissage et entretien	2 50
Eau	0 10
Personnel	7 00
Intérêt et amortissement en 10 ans approximativement	2 40
Total	14 f. 25

Si on suppose que le nombre de *voyages doubles* que la locomobile doit faire par jour soit seulement de huit, la dépense par manœuvre sera

$$\frac{14.25}{8} = 1 \text{ f. } 78$$

La manœuvre du pont à bras exige huit hommes, ne pouvant fournir que quatre voyages doubles par journée de douze heures (soit dix heures de travail effectif) et coûtent $8 \times 3 = 24$ fr., ce qui porte le prix d'une manœuvre double à 6 fr.

On voit par là combien la propulsion avec machines est avantageuse et supérieure à la propulsion à la main.

La locomobile telle qu'elle a été appliquée au chemin de fer du Nord offre sur les machines spéciales l'avantage de pouvoir être employée comme moteur de l'atelier pendant les jours de chômage et même comme moteur temporaire sur la ligne en cas de nécessité absolue, et, en cas d'avarie, elle peut aussi être remplacée à peu de frais par une locomobile de rechange.

SÉANCE DU 20 AOUT 1858.

Présidence de M. Faure, *vice-président.*

M. le Président annonce que M. Lavallée, directeur de l'École centrale, a été promu au grade d'officier de la Légion d'honneur. Quoique M. Lavallée ne fasse pas partie de la Société, M. le président croit devoir faire mention de cette distinction, qui ne peut être que parfaitement accueillie par les anciens élèves de l'École centrale, dont se compose en grande partie la Société.

M. Flachat, notre honorable président, a également reçu la croix d'officier de la Légion d'honneur. M. Faure croit être l'interprète de la Société en signalant d'une manière toute particulière cette nomination, que les importants et très remarquables travaux de M. Flachat lui ont si bien et depuis si longtemps méritée.

MM. Mayer, de Planhol, Férot, Yvon Villarceau et Faure, ont été nommés chevaliers de la Légion d'honneur.

M. Nozo donne lecture du compte rendu suivant d'une communication de M. Farcot :

Au mois de juillet 1856, M. Farcot a communiqué à la Société les résultats qu'il venait d'obtenir dans les essais officiels d'une machine fixe de 45 chevaux, destinée à élever l'eau de la Loire pour l'alimentation de la ville d'Angers.

La machine, établie aux Ponts de Cé, est verticale et à rotation ; elle commande directement, au moyen de la tige même du piston à vapeur, une seule pompe aspirante et foulante placée au-dessous du cylindre moteur.

Les générateurs sont timbrés à 5 atmosphères 1/2 et fonctionnent à 5 atmosphères.

M. Farcot a remis à la Société tous les dessins d'installation de la machine, avec une copie des procès-verbaux constatant que la consommation *par che-*

val utile a été, pendant le premier essai d'une période de trois jours, de 1k.365 de houille anglaise ordinaire du commerce, provenant du Sunderland; et, pendant un deuxième essai d'une autre période de trois jours, de 1k.288 de houille mélangée du Sunderland et Newcastle.

M. Nozo explique pourquoi il a tardé à donner à la Société son appréciation sur les résultats, certainement remarquables, obtenus par M. Farcot, c'est qu'il se proposait auparavant de reprendre une série d'expériences qu'il avait déjà faites et dont les résultats ont été communiqués, du reste, sur le rôle considérable que joue la disposition des générateurs dans les machines à vapeur en général.

Il était déjà convaincu qu'au point de vue de la consommation de combustible, le générateur a une importance bien autrement grande, souvent, que la machine elle-même, et qu'une *même machine* pouvait consommer une quantité de charbon variant du simple au double, selon qu'elle se trouvait alimentée par tel ou tel autre système de générateurs.

Aujourd'hui que sa conviction est faite, il se sent beaucoup plus apte à donner son avis sur les résultats obtenus aux Ponts de Cé.

La machine est, à coup sûr, parfaitement étudiée et parfaitement exécutée. Tous les détails portent le cachet d'une grande pratique des machines à vapeur, et spécialement de la question de l'élévation des eaux.

Ainsi, le cylindre moteur est à double enveloppe traversée par la vapeur allant à la boîte à tiroirs; la distribution est à double tiroir, à orifices multiples pour varier la détente à la main.

La condensation est disposée de manière à obtenir un mélange aussi intime que possible entre la vapeur et l'eau.

Pour éviter les réactions latérales sur la tige du piston, et afin que la résultante de tous les efforts passe par l'axe de la tige du piston, la pompe aspirante et élévatoire, se trouve placée directement sous le cylindre à vapeur; la pompe à air a été dédoublée, et l'on a placé un corps de pompe de chaque côté de la pompe élévatoire aux deux extrémités d'un même diamètre. La pompe d'alimentation des générateurs est placée symétriquement à la pompe d'injection du réservoir d'air de la conduite de départ.

Toutes dispositions sont prises pour épuiser les fondations en temps ordinaire, et pour préserver tous les appareils contre les grandes crues.

M. Nozo ne pense pas que tout cela constitue un système de construction de machine, spécial et particulier, qui doive, à l'exclusion de tous autres, donner les résultats consignés dans les procès-verbaux d'épreuve, et il est certain qu'on y arriverait également avec tous autres systèmes de construction, en employant toutefois une détente aussi étendue que celle des machines Farcot.

A ce propos, il fait ressortir une lacune qui se reproduit généralement dans toutes les expériences du genre de celles faites aux Ponts-de-Cé.

On considère généralement l'appareil de vaporisation et la machine à vapeur comme un tout indivisible, et l'on établit ordinairement la supériorité ou l'infériorité d'un ensemble de cette nature sur un autre, par la quantité de combustible brûlé en plus ou en moins.

C'est là une méthode qu'on pourrait appeler *méthode de compensation*, qui suffit sans doute comme solution industrielle, mais qui a dû certainement retarder les progrès qui seraient résultés de l'étude comparative et distincte des appareils générateurs d'un côté, et des appareils mécaniques de l'autre.

Il faut, en effet, apprécier séparément la valeur de l'appareil de vaporisation par la quantité de vapeur qu'il fournit pour chaque kilogramme de combustible consommé, et le mérite de la machine par le travail utile qu'elle donne pour chaque kilogramme de vapeur employé.

M. Nozo aurait désiré voir les procès-verbaux d'épreuve rédigés à ce double point de vue; *on eût ainsi rendu à César ce qui appartient à César*, et il est certain qu'on eût trouvé que les conditions d'établissement des générateurs, dont la disposition spéciale est propre à M. Farcot, sont pour beaucoup dans les résultats obtenus.

En effet :

La quantité du combustible, la manière dont s'opère la combustion, l'habileté du chauffeur, la composition et la disposition de la surface de chauffe, la relation entre le volume de vapeur disponible dans le générateur et le volume du cylindre moteur, les précautions prises contre le refroidissement, et quelques autres conditions moins importantes, doivent surtout expliquer la supériorité d'un générateur sur un autre.

Au contraire, le choix du système mécanique, le groupement des accessoires, le mode de distribution de la vapeur, les soins apportés dans l'exécution, et quelques autres considérations de moindre importance, doivent fournir l'explication de la supériorité d'une machine sur une autre.

Pour fixer les idées il cite la machine horizontale, à détente variable sans condensation, des ateliers du chemin de fer du Nord, qui consomme, par cheval utile, tantôt 3k.2 de poussier de charbon de Charleroi, et tantôt 1k.6 du même poussier, selon qu'elle est alimentée par un système de générateurs à bouilleurs présentant 80 mètres carrés environ de surface de chauffe, ou par un générateur tubulaire présentant une surface de chauffe de 108 mètres.

En résumé, tout en proposant de remercier M. Farcot de son intéressante communication, M. Nozo fait ressortir la lacune qu'elle renferme, et qui ne permet pas d'apprécier comme il convient toutes les circonstances qui ont amené les résultats obtenus aux Ponts de Cé. Il serait certainement d'un haut intérêt de connaître à quel chiffre pourrait descendre la consommation de combustible si la machine se trouvait alimentée par un générateur tubulaire, par exemple, au lieu d'un générateur système Farcot.

Il est très probable que l'économie qu'on retirerait ne serait pas moindre de 1/5e, en la supposant dans le rapport des chiffres de rendement en effet utile des deux espèces de générateurs, supposé comme 8 est à 10, et que la consommation définitive descendrait au-dessous de 1 kilogramme.

Écartant toute discussion sur le choix du système, il reste à signaler cette particularité importante, qu'il n'avait d'abord été établi qu'une seule machine pour assurer le service, mais que la ville d'Angers vient de reconnaître la nécessité d'en installer une seconde.

Cette seconde machine sera horizontale, à rotation, et transmettant le mouvement à une seule pompe semblable à la première.

M. Richoux rend compte à la Société d'un travail que M. de Marsilly, ingénieur des mines, a présenté à l'Académie des sciences, et publié dans les *Annales des Mines* sous le titre : *Etude des principales variétés des houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France*, et *Etude sur la tourbe*.

Dans cette étude, M. de Marsilly s'occupe des combustibles de la Belgique, du nord de la France et du bassin de Newcastle, des briquettes, du coke et de la tourbe des départements de la Somme, du Pas-de-Calais, de l'Aisne et de l'Oise. Ces combustibles forment plus de moitié de la consommation totale de la France, qui peut être estimée à 9 millions de tonnes.

Voici l'analyse des résultats obtenus par M. de Marsilly :

La houille éprouve, par une dessiccation à la température de 100° et au-dessus, une perte supérieure à celle qu'elle subit dans le vide sec, et de plus en plus grande à mesure que la température s'élève. Entre 50° et 330°, elle subit une véritable décomposition : elle dégage des gaz, de l'eau et des huiles carbonées, dont la proportion s'élève de 1 à 2 p. 100. On peut recueillir 1 à 2 litres de gaz et 10 à 15 grammes d'huile ayant l'odeur de la benzine, par kilogramme de houille. Entre 200° et 300°, la houille perd complétement le principe gras qui détermine la formation du coke sous l'influence de la chaleur.

M. de Marsilly donne un moyen pratique et simple de reconnaître *a priori* quand une mine est susceptible de dégager du *grisou*. Les houilles provenant de ces mines dégagent de l'hydrogène carboné ; les autres n'en dégagent pas et dégagent principalement de l'azote et de l'acide carbonique.

Le dégagement d'hydrogène carbonné explique les explosions qui se sont produites dans les soutes de bateaux à vapeur où l'on était descendu avec une lampe. Il convient donc d'éviter de placer dans des endroits fermés des charbons récemment extraits des mines à grisou, ou de ne le faire qu'en prenant les précautions les plus minutieuses.

Six mois au plus après l'extraction, même sous l'influence d'une température de 300°, la houille ne fournit plus d'hydrogène carboné. L'exposition prolongée à l'air fait perdre aux mêmes charbons le principe gras qui permet la formation du coke. Les mêmes phénomènes se produisent si l'on soumet ces houilles à une température de 300°.

Quant aux houilles provenant de mines qui ne contiennent pas de grisou, la question n'a pas encore été assez étudiée pour exprimer une opinion.

Direction des couches. — La direction des couches de houilles belges est de l'E. à l'O. ; leur inclinaison est très variable. Le bassin de Mons se compose de deux parties distinctes : la partie sud, renfermant beaucoup de couches exploitées, et la partie nord, dont l'existence est encore problématique. Les couches du bassin du Centre sont dirigées de l'E. à l'O., et pendent du N. au S. En

supposant que ce bassin fasse suite à celui de Mons, il formerait le prolongement du comble du nord.

Le bassin de Charleroi fait suite à celui du Centre. L'inclinaison générale est du N. au S., la direction de l'E. à l'O.

Le bassin de Valenciennes a sa direction du N.-E. au S.-O., et son inclinaison du N. au S.

Le bassin du Pas-de-Calais fait suite à celui de Valenciennes; sa direction générale est de l'E. à l'O., et le pendage de ses couches du N. au S.

L'identité de la direction des couches et de la composition des houilles belges et françaises fait présumer que les bassins du nord de la France forment le prolongement des bassins belges. Les analyses des houilles anglaises montrent que ces combustibles peuvent se rapporter à la même formation.

M. de Marsilly divise les houilles en trois catégories bien distinctes, savoir: *houilles à longue flamme*, *houilles fines-forges*, *houilles maigres*; il les subdivise en six espèces : houilles sèches à longue flamme ou *flénu maigre*; houilles grasses à longue flamme ou *flénu gras*; houilles grasses maréchales à longue flamme, houilles grasses maréchales à courte flamme, houilles demi-grasses, houilles maigres.

Les analyses des houilles appartenant aux trois grandes catégories ont donné les résultats suivants :

DÉSIGNATION des houilles.	HYDROGÈNE.	CARBONE.	OXYGÈNE et azote.	CARBONE fixe.	POUVOIR calorifique.
Houilles à longue flamme.	5.21 à 5.80	83.33 à 85 27	9.87 à 11.01	61.01 à 66.37	6.920 à 7.080
Id. grasses. .	4.68 à 5.11	87.30 à 90.49	4.73 à 7.55	74.36 à 83.88	7.046 à 7.256
Id. maigres. .	3.72 à 4.17	90.36 à 93.44	2.78 à 6.68	89.28 à 93.25	7.234 à 7.491

On peut conclure de ces nombres que le passage d'une catégorie de houilles à la suivante, en partant des houilles sèches à longue flamme, est signalé par une diminution dans la proportion d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, et un accroissement de carbone; que la proportion de carbone fixe, c'est-à-dire le résidu de la calcination en vase clos, va constamment en augmentant, bien que la quantité de carbone qui passe dans les produits volatils diminue. C'est donc surtout par l'augmentation du carbone fixe que les houilles des diverses catégories se distinguent. Les pouvoirs calorifiques suivent la même loi que les proportions de carbone, c'est-à-dire qu'ils augmentent à mesure qu'on se rapproche des houilles maigres.

Les *flénus* sont caractérisés par leur forme ; ils se présentent en rhomboèdres d'une grande régularité dont les faces portent des stries caractéristiques qui ont reçu le nom de *mailles du flénu* ; ils brûlent avec une flamme longue ; fument beaucoup, s'allument facilement, se collent légèrement et forment voûte, ce qui les rend très propres au chauffage des chaudières à vapeur. A la distillation, ils donnent beaucoup de gaz, mais peu de coke. Ceux qui proviennent des veines les plus au nord collent à peine, ceux des veines plus au midi donnent un coke bien formé.

Les *houilles dures* donnent une flamme plus courte que les précédentes, mais durent plus longtemps. Elles sont propres au chauffage des chaudières, avec plus de soin et de surveillance. Elles donnent moins de gaz, mais plus de coke et un coke meilleur que le flénu. Elles peuvent servir à la forge, à défaut d'autres. On les emploie à la fabrication du coke pour les chemins de fer. Ces charbons présentent la forme rhomboïdale à un moindre degré que les flénus.

Les *houilles grasses maréchales* sont employées principalement à la fabrication du coke pour les hauts-fourneaux et locomotives, ainsi qu'au travail de la forge. On les utilise aussi avec avantage, soit seuls, soit mélangés avec des charbons moins gras, au chauffage des fours à réverbère. Si l'on veut s'en servir pour le chauffage des chaudières, il faut prendre beaucoup de soins, piquer souvent le feu, dégager les barreaux et casser la croûte qui se forme. Ces charbons donnent peu de gaz et beaucoup de coke.

Les *houilles demi-grasses* s'agglutinent un peu, mais pas assez pour donner de bon coke ; ces charbons sont impropres à la fabrication du coke et au travail de la forge.

Les *houilles maigres* ne collent pas lors de la calcination en vase clos, et donnent un coke à peine formé, brûlent avec une flamme courte, mais d'une température très élevée, et durent longtemps au feu ; le peu de fumée qu'elles dégagent les fait rechercher pour les usages domestiques.

Houilles anglaises. — Les houilles expédiées d'Angleterre sur le marché de Paris et du nord de la France proviennent du bassin de Newcastle ; on en distingue deux variétés principales :

1° Le charbon *Hartley*, sec, à longue flamme, fumant beaucoup, collant à peine, se plaçant à côté des flénus les plus secs. Pouvoir calorifique, environ 6,781 ;

2° Les charbons gras à flamme plus ou moins longue de *Hunwich* et *Byers-green*, très recherchés pour la fabrication du gaz, la forge et le chauffage des chaudières. Pouvoir calorifique variant entre 7,44 et 7,18.

Coke. — Le coke est le résidu de la carbonisation des houilles grasses. Cette opération s'effectue généralement dans des fours fermés, et dure au moins 24 heures. Pour avoir un coke plus dur et plus compacte, les Compagnies de chemin de fer exigent une cuisson de 48 à 72 heures.

Le coke ne se compose pas seulement de carbone et de cendres, il renferme

encore un peu d'hydrogène, d'oxygène et d'azote. Son pouvoir calorifique est sensiblement moins élevé que celui des houilles grasses; il laisse plus de cendres que la grosse houille, et, sous un même volume, il a un poids moitié moindre.

Au sortir des fours, le coke est parfaitement sec; mais, abandonné à l'air, il peut absorber 1 à 2, 5 p. 100 de son poids d'eau. Quand l'extinction a été bien faite, le coke ne renferme pas plus de 2 à 3 p. 100 d'eau; dans le cas contraire, cette proportion peut aller jusqu'à 5 et 6 p. 100; exposé à la pluie, il peut absorber jusqu'à 51 p. 100 de son poids d'eau, et une fois mouillé, il se dessèche très lentement, à moins qu'il ne soit exposé à de forts courants d'air.

Depuis que les Compagnies de chemins de fer déduisent à leurs fournisseurs l'eau que renferme le coke, et limitent à 8 p. 100 la proportion de cendres maxima qu'il peut contenir, les fabricants sont arrivés, en lavant la houille, à ne livrer que du coke contenant 6 à 7 p. 100 de cendres.

Tourbes. — Les tourbes les plus pures renferment 39 à 40 p. 100 d'oxygène. La proportion d'hydrogène est un peu plus élevée que dans la houille, mais la proportion de carbone, et, par suite, le pouvoir calorifique, est beaucoup moindre : il varie, en tenant compte des cendres et de l'eau que renferme la tourbe, entre 4,423 et 2,259, c'est-à-dire qu'il est environ moitié de celui des houilles grasses et demi-grasses. Il n'y aurait donc avantage à employer la tourbe pour le chauffage des chaudières que si elle coûtait moitié moins que la houille. Chauffée à la température de 100°, la tourbe commence à dégager des produits carbonés dont la quantité augmente avec la température. Par la dessiccation, on obtient un combustible dont le pouvoir calorifique est plus élevé; mais on perd des éléments propres à la production de la chaleur, et comme le pouvoir calorifique ne croît pas proportionnellement à la perte de poids, M. de Marsilly conclut qu'il doit y avoir avantage à dessécher la tourbe à une température de 100° environ, puisqu'on est sûr de la débarrasser ainsi de toute humidité, mais qu'il est douteux que la dessiccation à une température plus élevée donne des résultats avantageux.

M. le Président remercie M. Richoux de sa communication; il ajoute que le travail de M. de Marsilly était pour la Société d'autant plus intéressant à connaître, que la position spéciale de l'auteur, chargé par la Compagnie du Nord de la réception de ses combustibles, donne à ses observations un caractère véritablement pratique.

Il est ensuite donné lecture d'une note de M. Schivre sur l'emploi de la vapeur pour manœuvrer les grandes plaques tournantes de 11 à 12 mètres de diamètre et laver les chaudières de locomotives.

On sait que, jusqu'à présent, les grandes plaques tournantes qui servent à tourner les locomotives attelées de leurs tenders ont été manœuvrées à bras d'hommes.

M. l'ingénieur en chef du matériel des chemins de fer de l'Est, frappé des inconvénients que présente cette manœuvre à bras d'hommes, qui est lente,

pénible et coûteuse, a fait étudier le moyen d'y substituer un mouvement mécanique plus prompt, plus facile et plus économique.

Ce projet a été étudié et mis à exécution dans les ateliers des chemins de fer de l'Est, à Épernay.

Le moyen employé consiste en une petite locomobile construite *ad hoc*, placée sur la plaque tournante en face de l'un des deux treuils qui servent à la manœuvrer, et fixée solidement à la charpente de cette plaque.

Cette petite machine à vapeur transmet directement son mouvement au treuil de la plaque au moyen de sa bielle motrice, qui est articulée avec la manivelle du treuil; l'autre extrémité de l'arbre horizontal du treuil porte, au lieu et place de l'autre manivelle qui y était placée lors de la manœuvre à bras d'hommes, un petit volant destiné à régulariser le mouvement de la machine.

Le mécanisme est disposé de manière que la machine puisse tourner dans les deux sens, afin que l'on n'ait jamais plus d'un demi-tour à faire faire à la plaque.

La chaudière de cette petite machine est construite comme une chaudière de locomotive, c'est-à-dire que le foyer est une boîte rectangulaire en cuivre rouge ou en tôle, et que le corps cylindrique est traversé longitudinalement par des tubes en laiton.

La longueur totale de la chaudière, qui elle-même porte toute la machine, est de 1m.55, son diamètre est de 0m.60; elle renferme 30 tubes en laiton de 44 millimètres de diamètre intérieur sur 0m.75 de longueur. Leur surface de chauffe, ajoutée à celle du foyer, fournit une surface de chauffe totale égale à 4 mètres carrés. Sa capacité est de 240 litres.

Cette machine est timbrée à 6 atmosphères, et fonctionne habituellement sous une pression qui varie de 4 à 6 atmosphères. Le piston à vapeur a un diamètre de 0m.12 et une course de 0m.36, de sorte qu'en fonctionnant à une vitesse moyenne de 1 mètre par seconde, la machine fait environ 80 révolutions par minute.

Le combustible employé est du menu coke, hors d'usage pour les locomotives, et dont le prix varie entre 20 et 30 fr. les 1000 kilog.

A Epernay et à Nancy, où ces machines sont presque continuellement en mouvement, nuit et jour, pour tourner les machines qui entrent ou sortent des dépôts, la consommation de ce menu coke n'est, par 24 heures, que d'environ 100 kilogrammes.

On dépense donc actuellement avec cette petite machine, par 24 heures, savoir :

Salaire des deux machinistes, dont un de jour et l'autre de nuit. . .	6 f. »
100 kil. menu coke.	3 »
Huile	1 »
Total.	10 fr. »

tandis qu'auparavant et lorsque la manœuvre de la plaque se faisait à bras d'hommes, on dépensait pour le salaire des 12 hommes, dont 6 de jour et 6 de

nuit, employés à la manœuvre des treuils, à raison de 2 fr. 50 par homme, la somme totale de 30 fr., ou trois fois plus que ce que l'on dépense avec la machine.

Un autre avantage, non moins sensible, que l'on retire encore de l'emploi de cette petite machine, et celui sur lequel M. Sauvage a également insisté, c'est de l'employer à laver les chaudières de locomotives qui sont remisées dans la rotonde.

On sait que jusqu'à présent cette opération s'est faite au moyen de la pompe à incendie mue à bras d'hommes, ou, plus ordinairement encore, par un jet de l'eau venant d'un réservoir dont la partie supérieure ne dépasse pas ordinairement 8 à 10 mètres de hauteur. Par ces moyens on obtient tout au plus un jet de 8 à 10 mètres de hauteur, soit une pression de 1 atmosphère, ce qui est certainement insuffisant pour bien laver une chaudière de locomotive.

Au moyen de cette petite machine à vapeur, on fait marcher un système de pompe à double effet, qui fournit de l'eau à une pression de 2, 3 et même 4 atmosphères.

Il est bien évident, alors, qu'avec un jet de cette puissance, lancé dans l'intérieur de la chaudière, on enlève toutes les impuretés et matières qui n'adhèrent pas trop fortement à la surface du métal. Le lavage s'opère donc infiniment mieux, et en beaucoup moins de temps.

La machine est disposée de manière que lorsque l'on veut laver une chaudière, on n'a qu'à débrayer l'engrenage qui transmet le mouvement à la plaque, et fixer la bielle qui le communique à la pompe.

Il est à remarquer que la machine, étant fixée sur la plaque tournante, peut être amenée vis à-vis de la locomotive dont on veut laver la chaudière, et que ce n'est qu'après qu'elle a été amenée à cette position que l'on débraye le treuil pour faire mouvoir la pompe.

Cinq de ces machines existent déjà dans les dépôts principaux des chemins de fer de l'Est, savoir :

Deux à Epernay,
Deux à Nancy,
Une à Forbach.

D'autres machines sont en construction aux ateliers de la Compagnie, à Mulhouse, pour être placées dans d'autres dépôts.

Un Membre fait observer que M. Schivre a négligé, dans l'évaluation du prix de revient, l'intérêt et l'amortissement du capital, ainsi que les réparations, et que ces différents éléments porteraient à peu près au double le prix de revient de 10 fr., dépense de la machine par 24 heures.

M. le Président fait remarquer l'analogie entre cette communication et celle faite par M. Geoffroy, à la dernière séance, sur la manœuvre du grand pont tournant du chemin de fer du Nord. Il saisit cette occasion pour signaler le chemin que fait la locomobile depuis quelques années. La plupart des constructeurs en construisent. La maison Cail, qui a commencé depuis peu à en

établir, en fait dès à présent beaucoup; elle a su profiter des progrès réalisés dans ces derniers temps par les machines à vapeur; elle a appliqué à sa locomobile la détente variable de Mayer, et a posé sa machine sur une plaque de fondation fixe et solide qui lui donne une grande stabilité.

Un Membre dit que, dans le département de la Somme, presque toutes les rivières étant à sec, les usines sont forcées d'employer provisoirement des locomobiles, et qu'il a été chargé d'en faire placer plusieurs qui ont donné les meilleurs résultats.

M. le Président signale la locomobile de MM. Thomas, Laurens et Pérignon, qui atteint des proportions considérables comme force motrice transportable, tout en donnant, comme consommation, des résultats comparables à ceux des meilleures machines fixes.

SÉANCE DU 17 SEPTEMBRE 1858.

Présidence de M. E. Flachat.

M. le Président donne lecture d'une lettre par laquelle M. Parisel, pharmacien de l'Ecole de Paris, réclame la priorité dans l'application de la créosote brute à la conservation des bois; le droit de M. Parisel résulterait d'une lettre qu'il a fait insérer au *Journal des Chemins de fer* le 19 avril 1845, et d'expériences dont il soumit les résultats, à la même époque, aux ingénieurs de diverses lignes.

Il est également donné communication d'une lettre de M. Edmond Roy, membre de la Société, relative à une épreuve à laquelle vient d'être soumis un wagon de son système sur la partie du réseau Grand Central comprise entre la rivière du Lot et Saint-Christophe. Un rapport du chef de service de cette ligne, dont copie est jointe à la lettre de M. Roy, constate que cette épreuve a donné de bons résultats. Un crédit serait ouvert au ministère des travaux publics pour faire des expériences sur une locomotive et quelques wagons.

M. le Président appelle l'attention de ceux des membres de la Société qui s'occupent des freins des chemins de fer, sur une question pleine d'intérêt dont la solution ne lui paraît pas pouvoir résulter des expériences faites jusqu'à ce jour. Ces expériences ne se rapportent, en effet, qu'à l'*arrêt* absolu des roues par les freins; on se demande si le coefficient de frottement qui en a été le résultat serait le même quand les roues sont simplement *ralenties*. M. le Président pense que, si, comme il y a lieu de le croire, le glissement est continu, le frottement est égal à celui qui se pro-

duit par l'arrêt absolu des roues. Il serait même plus élevé dans le premier cas, parce que, le point de tangence se renouvelant constamment, l'action sur le rail est plus énergique; tandis qu'avec le méplat qui résulte de l'arrêt absolu, la pression se répartit sur un plus grand espace, de façon que les phénomènes de destruction qui tendent à accroître le frottement sont atténués. Partant de cette considération, il a toujours essayé de disposer les freins de manière à obtenir un simple ralentissement et à éviter l'arrêt absolu, au moins pour les wagons chargés.

M. LE PRÉSIDENT appelle donc l'attention sur la direction à donner aux expériences nouvelles qui seraient entreprises lorsque cette question, sur laquelle les ingénieurs semblent partagés d'opinion, viendra à l'ordre du jour des discussions de la Société.

UN MEMBRE indique, à cette occasion, que M. Arnoux fait étudier au chemin de fer de l'Est un frein basé sur le principe du ralentissement. Comme détail, ce frein consiste en deux sabots qui agissent latéralement sur la roue, et tous les freins du train sont manœuvrés par le mécanicien.

La parole est donnée à M. Nozo pour une communication sur les locomobiles.

M. NOZO a eu l'occasion d'essayer au frein dynamométrique deux machines locomobiles de *neuf* chevaux, construites et livrées par M. Calla pour venir en aide à des roues hydrauliques, frappées d'impuissance par la grande sécheresse de ces derniers temps.

M. Nozo a pensé qu'il y aurait quelque intérêt à mettre sous les yeux de la Société les résultats obtenus et les observations recueillies dans le cours des essais.

Les chaudières des locomobiles de M. Calla sont du type des chaudières de locomotives; par conséquent tubulaires, à foyer prismatique et tirage artificiel produit par l'échappement de la vapeur.

Elles sont timbrées à 6 atmosphères et présentent une surface de chauffe totale de $12^{m^2}.50$ environ, et une surface de grille de $0^{m^2}.374$. C'est, si l'on veut, par cheval $1^{m^2}.40$ de surface de chauffe et 4 décimètres de surface de grille.

Le foyer intérieur est en tôle de fer; les tubes sont en laiton. Ces tubes ont 65 millimètres de diamètre intérieur, $2^m.25$ de longueur, et $2^m.5$ d'épaisseur.

Toute la chaudière est recouverte d'une double enveloppe en feutre et bois. La grille est munie d'un cendrier fermant à volonté pour modérer le tirage; l'échappement est à orifice constant.

En marche normale, la chaudière contient environ 40 cylindrées de vapeur disponible, en tenant compte de la détente.

M. Calla n'adapte à ses locomobiles aucune disposition, soit pour réchauffer l'eau d'alimentation, soit pour éviter les incrustations.

La machine proprement dite offre les dimensions suivantes :

Diamètre du piston	210 millimètres.
Course —	320 —
Nombre de tours du volant	110 par minute.
Détente invariable aux	2/3 de la course.

Les essais qui ont été faits ont duré ensemble une journée environ ; de sorte que les résultats peuvent être considérés comme sensiblement pratiques. Les chiffres ont d'ailleurs présenté une identité assez remarquable dans les deux essais.

Ces chiffres, les voici :

Pression de la vapeur indiquée par le manomètre . . .	$5^{at}.25$
Nombre de tours.	109
Nombre de chevaux-vapeur, très approximativement . .	9

En employant pour le chauffage de la houille gailletterie, on a obtenu les résultats suivants :

Quantité d'eau vaporisée par kilogramme de charbon . .	$8^{k}.8$
— — par mètre carré de surface de chauffage et par heure.	$17^{k}.$
Vapeur dépensée par heure et par cheval	$24^{k}.$
Charbon consommé par heure et par cheval.	$2^{k}.8$

Si on calcule le travail théorique sur le piston, en partant de la pression moyenne indiquée par le manomètre, on trouve que les locomobiles essayées ont rendu 40 p. 100 d'effet utile sur le volant.

L'examen des chiffres ci-dessus conduit aux conclusions suivantes :

1° Il convient de compter dans une locomobile, en marche normale, sur une pression effective de la vapeur moindre (environ de 1/2 atmosphère), que celle indiquée par le timbre. Il y aurait d'ailleurs inconvénient à vouloir se tenir trop voisin de la levée des soupapes ; on s'exposerait à les voir souffler trop souvent et en pure perte.

2° Le nombre de tours indiqué par le constructeur est assez régulièrement et assez facilement atteint.

3° La force indiquée est réellement obtenue, même avec un abaissement de pression assez sensible sur le numéro du timbre.

4° En employant, comme il a été dit, du charbon de bonne qualité, on vaporise, quand la chaudière est propre, près de 9 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon consommé.

5° Lorsque le niveau de l'eau n'est pas trop élevé dans la chaudière, la vapeur *ne paraît* ni plus ni moins sèche que dans les autres générateurs en général.

6° La quantité de vapeur tirée de chaque mètre carré de surface de chauffe ne dépasse guère ce qu'on obtient avec les générateurs à bouilleurs ; par conséquent la vitesse des gaz chauds peut être faible et l'échappement très ouvert, ce qui atténue les inconvénients de la contre-pression.

7° La quantité de vapeur consommée par cheval et par heure est très considérable.

Cela devait être prévu, et résulte très certainement de la faible détente qu'emploie M. Calla. Il y a là par conséquent un progrès à réaliser. La détente doit être améliorée, mais surtout augmentée. Le chiffre de 24 kil. doit pouvoir descendre jusqu'à 15 ou 16 kil. au plus, et la consommation de combustible s'abaisser à 2 kil. en service ordinaire.

Cette observation a été soumise à M. Calla, et sa réponse a été celle-ci : qu'il se préoccupait bien plus de livrer des machines légères et simples d'organes que des machines économisant sur d'autres quelques fractions de kilogramme de combustible.

Il craint surtout l'augmentation de poids et les détentes trop savantes. Il a toujours hésité jusqu'à présent à compliquer le type qu'il a adopté, en présence de ce qu'il appelle l'éducation imparfaite des gens appelés à conduire les locomobiles en général.

Il admet parfaitement que les réchauffages d'eau par la chaleur ou la vapeur perdue, que les précautions contre les incrustations, que les détentes prolongées, et peut-être aussi les échappements variables, sont d'excellentes améliorations à introduire, et qu'il faudra, un jour ou l'autre, bientôt peut-être, les appliquer dans toutes les locomobiles; mais jusqu'à présent l'heure ne lui a pas paru avoir sonné encore, l'éducation professionnelle n'étant pas suffisamment avancée.

Il est du reste, dès à présent, très disposé à modifier ses dispositions; mais il ne le ferait qu'autant qu'on le lui imposerait. Il croit devoir attendre encore quelque temps pour le faire d'une manière générale.

Une dernière question, que M. Nozo aurait voulu pouvoir résoudre par une expérience directe, c'est celle qui se rattache à la détermination de la meilleure tension à donner à la vapeur dans la chaudière, et il pense que les locomobiles à générateurs tubulaires fonctionnant sous une tension de 4 atmosphères et timbrées à 4 1/2 seraient plus économiques de combustible que celles identiques, timbrées et marchant à 6 atmosphères.

Un Membre indique qu'il a fait sur une locomobile de six chevaux une observation qui l'a conduit au même résultat que celui indiqué par M. Nozo. Cette machine, annoncée comme pouvant marcher à huit chevaux avec la même économie de combustible, a donné cependant une dépense plus forte, et la consommation était moindre à quatre chevaux. Il croit que cela tient à l'entraînement plus ou moins grand de l'eau résultant du degré d'ouverture du régulateur.

M. le Président prie M. Nozo de donner quelques développements à l'appui de l'opinion qu'il vient d'exprimer dans la dernière partie de sa communication.

M. Nozo dit qu'il n'est pas encore en mesure d'entrer dans le détail des faits sur lesquels il s'appuie; il se borne à indiquer qu'il a pu observer la marche d'une machine de 100 chevaux à générateur tubulaire, dont la consommation en combustible n'aurait pas été augmentée par l'abaissement de la pression de 7 atmosphères à 4 atmosphères 1/2, la détente étant modifiée en conséquence. Il croit trouver l'explication de ce fait dans les trois circonstances suivantes: 1° la chaleur de vaporisation est plus grande pour

la valeur à haute pression ; 2° les gaz sont abandonnés à une température plus élevée dans la boîte à fumée ; 3° la transmission de la chaleur à travers les parois de la chaudière est moins rapide.

Un autre Membre dit que la seule conclusion à en tirer serait qu'il faudrait une surface de chauffe plus considérable pour produire la vapeur à haute pression.

M. le Président reconnaît qu'il y a plus d'entraînement d'eau et de condensation dans l'emploi des hautes pressions, mais, au point de vue de l'importance des avantages résultant des grandes détentes, il pense qu'il faudrait chercher ailleurs que dans les conditions normales de production et d'emploi de la vapeur, l'explication du fait cité par M. Nozo.

M. Nozo dit avoir observé le même phénomène sur des générateurs à bouilleurs d'une machine de 60 chevaux.

Un autre Membre indique que l'observation de M. Nozo serait en contradiction avec ce qui s'est passé depuis douze ans pour les machines locomotives, fixes ou locomobiles : toujours une économie considérable est venue confirmer les avantages de l'augmentation de pression. Quant à l'excédant de chaleur de vaporisation qu'exigerait la vapeur à haute pression, le fait n'est pas généralement admis ; d'ailleurs cet excédant, d'après M. Regnault, ne serait que de 560 à 552 ; la différence de transmission du foyer est également insignifiante. Mais si l'on fait intervenir la considération de la détente, l'avantage de la haute pression est énorme ; en fait, bien qu'on ait plutôt diminué qu'augmenté les surfaces de chauffe, l'abaissement de consommation a été en moyenne de 4 kilos à 2 kilos.

M. Nozo fait observer qu'en élevant la pression dans les locomotives, on a eu surtout pour but d'augmenter la puissance sous le même volume. Il a constaté que les mécaniciens habiles laissent tomber autant que possible la pression pour faire des économies de combustible.

M. le Président dit qu'il est désirable de ne pas perdre de vue, dans cette discussion, les principes généraux. Tant que la vapeur est à une température convenable pour la conservation des garnitures, il semble normal de penser que l'emploi des hautes pressions doive être préférable à celui des pressions plus basses, et que, jusqu'à ce qu'on ait trouvé dans les phénomènes physiques de la vaporisation des circonstances qui ne rentrent pas sous l'application des lois connues, il y a lieu de croire que les faits constatés tiennent à des causes étrangères qui ont échappé à l'observation.

Un Membre fait remarquer que les bons mécaniciens ont toujours soin de tenir la vapeur à une pression beaucoup plus élevée dans les chaudières que dans les cylindres, afin d'obtenir de la vapeur plus sèche.

M. le Président entretient la Société de la pose du câble transatlantique. Il regrette que le membre de la Société qui a été chargé de lui rendre compte des détails de cette grande opération ne l'ait pas fait encore.

Il a été informé par M. Lechatelier d'un fait contribuant à expliquer les premiers échecs et le résultat final obtenu. Dans les premiers essais qui ont eu lieu, ont avait cru devoir enrouler le câble sur deux tambours rendus solidaires par des engrenages; bien que ces engrenages fussent exécutés avec précision, les différences de vitesse et de tension des enroulures déterminèrent dans le câble une altération si considérable, qu'on pouvait supposer pour ainsi dire à l'avance le moment où la rupture aurait lieu. On fit alors un second essai en supprimant les engrenages et en laissant au câble la conduite des tambours; les résistances furent cependant de la même nature et assez considérables pour déterminer la rupture du câble. Enfin, on eut l'idée d'enlever le second tambour, et cette tentative fut couronnée de succès, malgré les difficultés résultant de l'état de la mer.

L'ordre du jour appelle la suite de la discussion sur les bases établies dans la réunion des ingénieurs des chemins de fer allemands.

La fabrication des rails étant l'un des objets sur lesquels devra d'abord s'engager cette discussion, il est donné lecture d'un mémoire adressé à la Société par M. Desbrière, ingénieur civil, sous le titre de : *Rapport sur la fabrication des rails dans les usines de la Prusse rhénane.*

Il faut, dit M. Desbrière, chercher la solution des difficultés du soudage dans une réforme radicale des fabrications, dont le principe sera l'homogénéité des natures de fer mises en présence.

Depuis longtemps cette vérité a été reconnue par le célèbre ingénieur du *Great-Western*, M. Brunel. D'après M. Couche, il se serait décidé dernièrement à faire les paquets de ses rails entièrement en fer corroyé.

La première objection est la dépense; cependant, si elle donnait des résultats à l'abri de tout reproche, il n'y aurait pas, je crois, à le faire entrer en ligne de compte, surtout en Angleterre, où le prix du fer est si bas. Malheureusement cette objection n'est pas la seule. L'emploi du fer corroyé seul, pour des pièces aussi fortes que des paquets de rails, a des inconvénients sérieux. Le paquet est alors, par suite de la pureté du fer, excessivement dur à chauffer, et doit rester un temps très long au feu : de là, une lenteur excessive dans la fabrication (indépendamment de la dépense); — les barres corroyées, étant beaucoup plus lisses que les barres de fer brut, ont, lors du passage au laminoir, une tendance à glisser les unes par rapport aux autres, une mobilité continuelle, qui apportent en pratique un obstacle sérieux à la bonne soudure; — enfin, et par-dessus tout, la pureté du fer est *en elle-même* une difficulté pour la soudure. Cette difficulté réside dans l'absence presque complète, dans le fer corroyé, de scories ou de laitier dont l'interposition entre les mines donne de si funestes résultats en service, mais dont la présence, au *moment du réchauffage*, est (à la condition d'une expulsion complète *par le fait de l'étirage*) nécessaire pour donner une soudure parfaite.

Ce fait, en apparence contradictoire, s'explique très bien en remarquant que les barres de fer destinées à former un paquet sont toujours

recouvertes d'une couche d'oxyde (non pas d'oxyde rouge ou rouille, mais d'oxyde noir, dit oxyde des *battitures*, et dont la formation est due à l'action de l'air sur le fer à une haute température).

Cette couche d'oxyde infusible, interposée ainsi entre les mises, constitue, indépendamment de leur nature plus ou moins homogène, un obstacle absolu à la soudure; cet obstacle n'est éludé en pratique que par la présence même du laitier, lequel est intimement mêlé à la substance même des barres, et qui, au moment du réchauffage, suinte à travers le métal et vient se combiner avec l'oxyde pour former un silicate *fusible:* ce dernier, au moment de l'étirage, peut être expulsé hors du paquet (pourvu que le système d'étirage soit bon); les surfaces métalliques sont alors mises à nu, *décapées* (suivant l'expression consacrée), et la soudure devient possible, pourvu que la température ait été suffisante; si le fer était arrivé à un état de pureté tel qu'il fût entièrement débarrassé de laitier, la soudure, par suite de l'interposition de l'oxyde, deviendrait impossible en pratique.

On voit donc que l'emploi du fer corroyé ne met pas le rail à l'abri de la dessoudure, tout au contraire. Aussi les résultats de la tentative faite par M. Brunel n'ont pas été satisfaisants, eu égard surtout à la dépense faite.

L'homogénéité peut être obtenue d'une autre manière, par l'emploi exclusif du fer brut. Quelques tentatives ont été faites en ce sens en Belgique, à l'usine de Couillet, et en Hanovre (d'après M. Couche). Nous l'avons fait essayer nous-même à l'usine de l'Horme. Ici encore le chapitre des inconvénients reparaît. La soudure est parfaite, mais les rails présentent généralement des surfaces rugueuses, inégales, criquées, qui en rendent l'emploi presque impossible. En sorte que les rebuts de fabrication sont excessivement nombreux; et que si l'on voulait recourir à ce moyen pour une commande importante, les rails employés ne représenteraient guère que le 1/4 ou le 1/5 de la fabrication. Ces rails ainsi fabriqués se comportent du reste très bien sous le rapport de la durée.

Tel était l'état de la question de la fabrication des rails en Allemagne, et on avait persévéré dans l'emploi des deux natures de fer, lorsque à la suite de rebuts nombreux sur plusieurs lignes, la question devint l'objet d'une attention générale. Il convient d'ajouter qu'à côté des exigences des Compagnies, en ce qui concerne la composition des paquets, régnait le laisser-aller le plus complet en ce qui touche le mode d'étirage et les dimensions des paquets, deux conditions de la plus haute importance, et qui n'ont pas été non plus en France l'objet de l'attention qu'elles méritent. Le travail des loupes pour fer brut se faisait dans beaucoup d'usines avec le *squeezer* ou presse, appareil imparfait, qui ne dégage pas les scories contenues dans les loupes. Le laminoir était le seul instrument employé pour l'étirage des paquets destinés aux couvertes, et de ceux destinés à former les rails. Nous avons dit déjà que cet appareil ne fait pas jaillir avec assez de force le silicate ferreux formé par la combinaison du laitier et de l'oxyde, et donne, par suite, ou des soudures imparfaites, ou, ce qui revient au même, en tant qu'usure des rails, des interpositions de matière étrangère dans le corps du rail. Enfin, les dimensions des paquets n'étant pas fixées, les usines, pour diminuer le travail des machines et se soustraire à l'obligation

de fortifier leur matériel, donnaient à ces paquets la section transversale la plus faible possible, et les résultats du laminage n'en étaient que plus défectueux.

C'est dans ces circonstances que plusieurs Compagnies allemandes se décidèrent à restituer aux usines une liberté complète d'action en ce qui concerne la composition des paquets et la nature des fers qui doivent y entrer, à la condition seulement d'avoir du fer dur et à grains pour la partie supérieure du rail et du fer nerveux et fort pour le pied (condition qui n'implique nullement une différence dans le nombre des réchauffages). Les autres points réglementés furent : les dimensions transversales des paquets, et le mode d'étirage du paquet, pour lequel on devait employer d'abord le marteau, puis le laminoir, en faisant suivre l'action du marteau d'une chaude supplémentaire.

Ces prescriptions étaient fort sages ; elles n'imposaient aux usines que des conditions faciles à remplir, moyennant une certaine élévation dans la dépense, et les laissaient libres sur le point essentiel sur lequel l'intervention des Compagnies ne pouvait que gêner le fournisseur, sans profit pour personne. Comme garantie de cette liberté, et pour intéresser les usines à ne livrer que des produits irréprochables, une garantie de trois ans fut acceptée. L'usine du Phœnix en a accepté, depuis, une de quatre ans, et, lors de mon passage à Cologne, elle était en train d'en accepter une de six ans avec le gouvernement bavarois.

C'est sous ce régime que, stimulés par leur intérêt puissamment mis en jeu, les directeurs des usines du Phœnix ont inauguré, il y a un mois à peine, une nouvelle fabrication dont l'idée est très ingénieuse et dont les résultats sont, autant qu'on en peut juger jusqu'à présent, irréprochables.

Le principe de la méthode est l'emploi exclusif du fer puddlé brut ; mais il a été légèrement modifié, pour éviter les défauts que nous avons signalés dans cet emploi.

Les mises destinées à former la surface extérieure du champignon sont fabriquées de la manière suivante :

La fonte employée au puddlage est une fonte *grise* provenant de minerai phosphoreux, dit minerai de prairie. Cette fonte, dont l'affinage est plus cher parce qu'il consomme plus de charbon et donne plus de déchet que celui de la fonte blanche qu'on emploie généralement pour l'affinage, jouit de la propriété de donner un fer à grain, dur, cassant à froid, mais qui n'est pas cassant à chaud, et susceptible par suite de criques, comme les fers provenant des minerais sulfureux (fers rouvrains, métisses, de couleur, etc.), et qui se soude facilement avec lui-même et avec les fers du même numéro. La loupe obtenue avec cette fonte est martelée au pilon de 3000 kilos pendant cinq minutes, au lieu de deux minutes que l'on consacre ordinairement au martelage d'une loupe. L'objet de ce long martelage est de purifier et d'agréger complétement la matière. A la suite de ce martelage, la loupe est réduite à la dimension d'une barre rectangulaire de 15 centimètres sur 10 environ. Dans la fabrication ordinaire du fer brut, aussitôt après le martelage, la loupe est passée aux cylindres et réduite aux dimensions voulues pour les paquets. Ici, ce passage immédiat

est devenu impossible, parce que le long martelage de cinq minutes a retiré au fer la chaleur nécessaire pour le passage au laminoir. La loupe est donc remise au four et réchauffée au *rouge cerise seulement*, c'est-à-dire à la température strictement nécessaire pour le passage aux cylindres.

Ici une objection se présente : cette seconde chaude fait, dira-t-on, du fer à couverte un véritable fer corroyé. On peut répondre hardiment que non, parce que ce qui constitue le corroyage est la *chaude soudante*, c'est-à-dire le rouge blanc nécessaire à atteindre lorsque, par exemple, on opère sur un paquet pour en déterminer la soudure. Ici il n'y a, en réalité, qu'un *demi-corroyage*, et le fer ne perd pas sensiblement la teneur en carbone et en silicium que lui a laissée le puddlage, et par suite sa température de soudure n'est pas changée. Ce rechauffage au rouge cerise et le laminage qui le suit sont d'ailleurs indispensables pour arriver à donner à la barre la dimension requise pour la formation du paquet.

Les mises qui suivent immédiatement la couverte, jusqu'à concurrence du nombre nécessaire pour former le *champignon tout entier*, sont préparées de la même manière, à cette différence près que leur martelage ne dure que 3 minutes, et qu'elles sont passées immédiatement au laminoir sans réchauffage intermédiaire. Ces barres sont assez belles, mais un peu plus criquées sur les bords que la couverte; leur cassure est aussi moins compacte, le grain y est moins serré et moins dur, mais il n'y a pas entre elles et la couverte la différence immense qui sépare à première vue, et pour l'œil le moins exercé, les barres de fer puddlé et de fer corroyé.

Le reste du paquet, destiné à former l'âme et le pied, est composé de fer nerveux puddlé brut, à l'exception des deux mises latérales, en fer corroyé, nécessaires pour la façon des bords du patin.

Le paquet est formé de 10 mises, sur lesquelles il y en a 4 à grain, 4 à nerf, 2 corroyées; ces dernières ont $5\,^{m}/_{m} \times 2\,^{m}/_{m}5$.

Les paquets sont faits à la manière ordinaire, en croisant les joints dans le sens transversal, et en n'admettant de joint dans le sens longitudinal que pour les mises du milieu.

Pour quelques Compagnies, la couverte est en une seule pièce. Pour d'autres, qui ont laissé toute liberté dans la formation du paquet, l'usine emploie des couvertes en deux et même trois barres longitudinales. La conviction des directeurs, que je partage du reste, est que les soudures verticales qui en résultent n'ont aucun danger pour la durée du rail, par suite du mode d'élaboration du paquet, mode qui me reste à décrire, et qu'elles constituent au contraire une garantie de plus pour l'épuration du paquet, à cause de la voie qu'elles laissent à la sortie des silicates qui se produisent dans le réchauffage.

Quelques Compagnies interdisent l'emploi des ligatures pour le paquet, dans la crainte d'altérer les surfaces de roulement; d'autres les autorisent; ce détail n'a pas grande importance.

La dimension transversale du paquet est de $0^{m}.25$ de largeur sur $0^{m}.24$ de hauteur, déduction faite des vides.

Le paquet, étant amené au rouge blanc, est porté sous le pilon de 3000k et martelé jusqu'à ce que son allongement soit de 0m.36 environ. Ses dimensions transversales sont alors réduites à environ 0m.19 sur 0m.18, le martelage ayant lieu sur les deux faces. — J'ai vu des paquets qu'on avait laissés refroidir après cette opération; leur soudure, malgré leur forme encore très grossière, paraissait parfaite. Ce martelage n'est limité, comme temps, que par la condition de produire l'allongement prescrit. Immédiatement après, le paquet est remis au four, réchauffé au blanc soudant et laminé en rail. Il n'y a pas à craindre, dans cette seconde chaude, que le dessus du rail soit confondu avec le dessous, ou même, comme cela arrive assez souvent pour les rails à deux champignons, que le paquet soit passé de travers dans le cylindre, c'est-à-dire les mises placées verticalement: car la présence du fer grenu dans le patin y provoquerait des criques telles que le rail pourrait à peine passer dans les cannelures sans se briser. Au surplus, les deux fers prennent au feu des couleurs différentes, qui suffisent pour permettre de les distinguer. — On a la précaution, pour éviter de trop chauffer le fer à grain, que l'excès de chaleur dénature et rend aigre, de placer toujours sur la sole du four le côté du paquet où il se trouve.

Le martelage du paquet qui précède le passage aux cylindres détermine la soudure, et *surtout* chasse complétement les impuretés que le laminoir n'élimine qu'en très faible proportion, par suite de son action modérée et progressive, et par suite aussi de ce que le paquet, entièrement entouré par la cannelure, ne peut se dégorger que par le bout qui passe le dernier entre les cylindres, et qui est, la plupart du temps, trop loin du point où est accumulée la matière étrangère. Un autre avantage inhérent à cette méthode réside dans le fait que les couvertes n'étant plus obtenues par le laminage de paquets composés de plusieurs barres en fer brut, mais provenant de loupes étirées directement au marteau et au laminoir, échappent aux chances de mauvaise soudure qu'ont par elles-mêmes les couvertes dans la méthode ordinaire, par suite de la multiplicité de leurs éléments, et ne viennent pas ajouter de nouvelles difficultés à celles que présente déjà la soudure des paquets.

Les résultats de cette méthode m'ont paru satisfaisants comme aspect: la cassure réalise parfaitement la condition requise du grain et du nerf; la dureté de la surface, éprouvée au burin, est considérable; mais le résultat le plus satisfaisant est la perfection de la soudure, qui se révèle toujours aussi complète, quel que soit le mode de rupture. Du reste, la conception de cette méthode est trop rationnelle, et ses détails sont trop bien étudiés pour que les résultats ne répondent pas aux espérances qu'on en conçoit. On peut lui objecter avec une certaine raison de ne pas réaliser complétement l'homogénéité des fers mis en présence dans le paquet. D'abord, l'homogénéité absolue paraît impossible, d'après les résultats des tentatives relatées plus haut dans ce sens, tant pour le fer puddlé brut que pour le fer corroyé. D'un autre côté, l'homogénéité absolue n'est point une nécessité: la seule chose requise est l'*identité de température de soudure*. Or, tout porte à croire qu'à moins de différences considérables dans la nature des

minerais, cette identité a lieu pour les fers qui ont subi le même nombre de réchauffages, parce que c'est du nombre d'élaborations que dépend l'élimination plus ou moins complète du carbone ou du silicium, qui sont les corps étrangers les plus abondants, et qui exercent sur la température de soudure la plus grande influence. La méthode a donc ceci de fort digne d'approbation, que, sans s'attacher à réaliser l'homogénéité absolue, condition difficile à remplir et d'un intérêt presque théorique, elle s'est contentée d'obtenir une homogénéité relative, qui, au point de vue pratique, était le seul but à atteindre.

Cette méthode a été suivie pour les Compagnies qui, comme le chemin badois, ont eu le bon esprit de ne pas réglementer la composition des paquets. Toutes n'ont pas encore osé prendre cette détermination. Le chemin rhénan, le chemin hanovrien, exigent encore la présence des deux natures de fer.

MÉMOIRE N° III

Sur les Charbons exportés de Cardiff

(PAYS DE GALLES)

PAR

F.-F. GAJEWSKI.

Généralités sur le charbon du pays de Galles. — Le grand bassin houiller du pays de Galles s'étend dans les quatre comtés de Caermarthen, Pembroke, Monmouth et Glamorgan; c'est ce dernier comté qui possède le plus de houillères. Le charbon du pays de Galles occupe aujourd'hui le premier rang en Angleterre, la production y devient de plus en plus considérable, et le caractère distinctif qui lui assure la supériorité sur les charbons des autres districts houillers est sa grande richesse en *carbone*. Ce bassin renferme, d'ailleurs, des charbons de toutes qualités, depuis les houilles très bitumineuses exploitées près de Pontypool et Clydach, jusqu'aux anthracites que l'on trouve déjà dans la vallée de Neath vers Llanelly. Toutes les couches sont plus bitumineuses aux affleurements et acquièrent leur caractère propre en s'approchant du centre du bassin. Si l'on fait la somme des épaisseurs des affleurements aux différents endroits (1), on trouve que cette somme est à peu près une constante pour tout le pourtour du bassin. En suivant une même couche de l'est vers l'ouest, on trouve qu'elle

(1) Cette somme est d'environ 60 pieds anglais (18 mètres).

devient de plus en plus dure ; il y a une gradation dans sa qualité : de bitumineuse qu'elle était à l'est, elle passe successivement au *steam coal* (charbon maigre) dans la vallée d'Aberdare, devient semi-anthraciteuse aux environs de Hirwain, enfin anthraciteuse dans les régions ouest du bassin. Toutes les couches sont inclinées d'une manière presque uniforme ; ainsi, à Aberdare, Dowlais, etc., elles montent vers le nord avec l'inclinaison de 1/12 ; à partir d'une ligne que l'on tracerait de l'est vers l'ouest, en la faisant passer par Rhondda-Valley (près de Llwynn Celyn), les couches se replient, changent de direction, et remontent vers le midi avec une inclinaison double de la précédente, soit 1/6 environ. C'est donc dans Rhondda-Valley que se trouve le *thalweg* du bassin houiller ou ligne de rebroussement de l'inclinaison des couches ; aussi, plusieurs des houillères situées dans ce bassin ont leurs couches inclinées du côté du nord, tandis que les autres participent de l'inclinaison du midi.

La fig. 5, pl. 7, représente à peu près une section faite à travers le bassin par un plan passant par Cardiff et Bedwelty. D'abord, le plus près de la surface sont situées les couches du charbon nommé *house coal* (Mynydd-thysloyne) dont il y a trois principales ; la couche *house coal* n° 3 est considérée comme la meilleure : ce charbon est employé, comme son nom l'indique, dans l'économie domestique ; je n'en parlerai pas ici ; on l'exploite aux environs de Crumlin, à Llanciach-Colliery, à Waterloo, à Tophill, à Gelligear et sur beaucoup d'autres points. — A 250 mètres environ plus bas que la couche *house coal* n° 3 (1) se trouve le charbon connu sous le nom de *Rhondda-Valley coal*. Ce charbon étant l'un des objets de mon travail, je l'étudierai

(1) Cette distance n'est pas exactement connue, non plus que la distance verticale entre les couches de Rhondda et celles du Steam coal d'Aberdare ; il n'y a pas eu jusqu'à présent de puits allant directement d'un système de couches à l'autre : l'appréciation de ces distances n'est donc qu'approximative. On n'est pas d'accord sur ce point.

plus loin avec détail ; je donne une section faite sur la ligne principale du Taff vale railway, et indiquant la position respective, en cet endroit, des trois couches du charbon de Rhondda :

La couche n° 1 y est désignée par le nom de *Cyfeillan vein ;*
La couche n° 2 » » *Cymmer vein ;*
La couche n° 3 » » *Calvert's vein.*

La couche supérieure du charbon représentée en tête de la section sous le nom de *Darren-Ddu vein* ne se trouve pas dans la vallée de Rhondda proprement dite ; cette couche donne un bon charbon domestique (*house coal*), impropre à la fabrication du coke ; elle est exploitée près de Newbridge.

A 300 mètres environ plus bas que les couches de Rhondda se trouvent les couches du charbon *steam coal* exporté sous les différents noms de : Aberdare, Merthyr, Aberaman, etc. On exploite actuellement trois couches principales dans la vallée d'Aberdare. (Voir la section d'Aberdare, pl. 7, fig. 8.) La première est nommée *upper four feet coal*, la seconde *six feet* ou *Foes-y-fraen*, la troisième *nine feet* ou *Race-lace coal*. Dans un puits de Gadly's-Works, on est déjà descendu plus bas que *Race-lace*, à une autre couche que l'on y nomme *seven feet coal*, et qui est sans doute la même que le *lower four feet* de Rhymney. (Voir la section de Rhymney.) Ces noms varient d'une localité à l'autre ; il faut donc souvent consulter et comparer les sections pour ne pas se laisser tromper par le nom. La description du *steam coal*, qui fait aussi l'objet spécial de mon travail, sera donnée plus loin avec quelques renseignements importants que j'ai trouvés publiés sous le titre de : *Report on the coals suited to the steam navy.* Dans ces dernières années, on avait fait, par ordre de l'amirauté anglaise, une série d'expériences ayant pour but d'établir une classification officielle des charbons anglais ; je donne plus loin quelques extraits de ce travail.

Les noms des couches ne prouvent pas qu'elles aient l'épaisseur de charbon qu'ils semblent indiquer : ainsi, la couche nommée *four feet* (quatre pieds) possède le plus souvent six pieds d'épaisseur dans la vallée d'Aberdare, et, par une contradiction en apparence bizarre, la couche suivante, nommée généralement *six feet* (six pieds), présente rarement plus de quatre pieds d'épaisseur; c'est que ces deux noms ont été d'abord donnés aux couches à Cyfarthfa-Works, où elles ont réellement les épaisseurs que leur dénomination accuse. Prenant plus loin pour exemple le *Race-lace* ou *nine feet coal*, il contient, à Gadly's-Works, 6 pouces de schistes interposés, tandis que cette même couche est divisée, à Dowlais, en deux couches distinctes travaillées séparément, et nommées *Race lace top*, de 4 pieds d'épaisseur, et *Race lace bottom*, de 8 pieds d'épaisseur, entre lesquelles il y a une épaisseur de 3 pieds 6 pouces de schistes carbonifères. Vers le centre du bassin, cette couche possède généralement 11 pieds d'épaisseur.

Pour faire voir de combien d'éléments stratifiés se compose quelquefois une couche que l'on exploite comme charbon homogène, je donne (pl. 7, fig. 6) la section du charbon nommé *big coal* telle qu'on la trouve près des affleurements : c'est la même couche qui, dans la vallée d'Aberdare, est exploitée sous le nom de *six feet* ou *Foes-y-fraen*, ou bien encore sous celui de *lower four feet*, ce qui la fait souvent confondre avec *upper four feet*, dont elle diffère cependant beaucoup.

On voit que les épaisseurs de couches et leur composition varient beaucoup; il paraît que généralement elles sont plus mélangées de schistes et moins dures vers les affleurements que vers le centre du bassin. Je m'empresse d'ajouter qu'il n'y a rien d'absolu dans cette appréciation, fondée sur quelques faits isolés; et, sous le rapport de la pureté des couches, il peut exister des exceptions sans qu'elles doivent être considérées comme des anomalies. Quant au plus grand degré de dureté du charbon dans la partie centrale du bassin, il s'explique par la pression considérable qu'exerce la

masse des terrains qui le recouvrent; aussi la dureté du charbon augmente à mesure que la profondeur devient plus grande, mais on n'est pas d'accord sur les conséquences de ce fait : ceux qui exploitent le charbon par des puits profonds considèrent cette circonstance comme indiquant une bonne qualité, tandis qu'ailleurs on croit généralement que le charbon tiré d'une grande profondeur est peu avantageux dans la pratique; ce charbon est dur, mais on le croit friable et sujet à se fendiller (*to split*). Dans les mines profondes, on entend des bruits lointains et forts comme des coups de canon, que l'on attribue au travail intérieur du charbon sous l'effet combiné de la pression immense et des gaz qui ne trouvent pas d'issue.

L'inclinaison des couches présente souvent des irrégularités par suite d'accidents très fréquents dans ce bassin, tels que : *failles*, *soulèvements*, etc.

On exploite le charbon par la méthode des galeries et piliers (*headings*, *stalls* et *pillars*) ; on donne ordinairement 15 à 18 pieds de largeur aux galeries, et on laisse 12 pieds aux piliers; on enlève ensuite une partie des piliers toutes les fois que la nature du toit le permet.

Quand on travaille le *nine feet*, on commence par exploiter les 6 pieds d'épaisseur inférieure de la couche, puis on laisse tomber les 3 ou 5 pieds d'épaisseur restée du côté du toit, la couche nommée *nine feet* ayant le plus souvent, dans la vallée d'Aberdare, 11 pieds d'épaisseur agrégée. — L'emploi de la poudre est assez fréquent. Les travaux souterrains peuvent être conduits dans des conditions très favorables; généralement les pompes d'épuisement ont peu à faire. Dans la couche *four feet*, on trouve plus d'eau que dans *six* ou *nine feet;* le boisage est rarement nécessaire; en un mot l'exploitation est facile et lucrative. Dans les mines de la vallée d'Aberdare on se sert presque partout de lampes de sûreté depuis que plusieurs accidents terribles en ont démontré la néces-

sité; ainsi à *Lletty-Shenkin*, en 1849, cinquante-trois personnes ont été tuées par suite d'une explosion.

Lorsque la profondeur du puits ne dépasse pas 100 mètres, on établit, pour l'extraction du charbon, une balance hydraulique (*water balance*) (pl. 7, fig. 7). L'eau, amenée des réservoirs (*ponds*) par des conduites ou tuyaux en fonte, remplit la caisse qui se trouve au-dessous de la plate-forme supportant le wagonet vide; quand le poids de l'eau est suffisant, on lâche le frein, le wagonet vide descend et fait remonter le wagonet rempli de charbon. Pour que le poids de la chaîne s'équilibre de lui-même dans chaque position, les fonds des cages sont réunis par une chaîne de même dimension que celle à laquelle les cages sont suspendues; c'est donc une chaîne sans fin dont la partie supérieure seule travaille, enroulée deux fois sur la gorge de la poulie. L'eau, descendue ainsi dans le fond du puits, s'en va ensuite dans la vallée par une galerie d'écoulement, ou bien est ramenée à la surface par les pompes d'épuisement, suivant les circonstances locales. Ce système d'extraction est très répandu dans le pays de Galles; mais lorsque la profondeur dépasse 100 mètres, il n'est plus employé; la masse des deux chaînes devient trop considérable pour vaincre l'inertie et mettre l'appareil en mouvement. On se sert alors du système ordinaire de *bobines*.

Le charbon gras de Rhondda est tiré à la surface et vendu comme *tout venant;* le charbon *steam coal* d'Aberdare doit d'abord être trié en bas, pour que le menu, autant que possible, n'arrive pas à la surface; ce charbon, chargé dans de petits wagonets, contenant de 1 tonne à 1t.25, est pesé à sa sortie du puits et versé sur une grille de fer qui opère le triage définitif. La grille, inclinée ordinairement à 30° ou 40°, laisse descendre le gros charbon dans les wagons placés à un niveau inférieur, et le menu, traversant les interstices de la grille, s'échappe au dehors. En exigeant des ouvriers que le menu ne soit pas chargé dans les wagonets, on leur accorde

une tolérance dont le maximum est de 5 p. 100. Si le charbon d'un wagonet criblé sur la grille contient un tant soit peu de menu en plus de la tolérance limite, on punit le mineur en lui retranchant 15 p. 100 ou même 20 p. 100 de sa paye. Le menu est utilisé soit pour la fabrication du *patent fuel* (briquettes), soit pour la cuisson de la chaux ou pour le grillage du minerai.

Les wagons qui reçoivent le charbon pour le transporter aux navires appartiennent le plus souvent à la Compagnie du Taff-Vale railway; ils ont les dimensions suivantes :

Longueur.	3m.00
Largeur.	1m.80
Profondeur.	0m.85

Le poids d'un wagon vide ou *tare* est en moyenne 2 tons 10 cwt. Chaque wagon peut contenir 5 tons 2 cwt de charbon. Un wagon coûte de 1,200 à 1,500 fr.; pour le louer on paye 250 fr. par an; mais alors l'entretien, le graissage, les réparations sont à la charge du propriétaire des wagons. Ces frais, évalués à 75 fr. par an, laissent 175 fr. d'intérêt par an et par wagon; aussi il y a plusieurs entrepreneurs qui construisent les wagons pour les louer aux houillères à ces conditions ou à peu près.

Les districts de Rhondda, d'Aberdare et de Merthyr sont tous desservis par le même chemin de fer de Taff-Vale, qui, à la station *Aberdare junction*, se divise en deux branches, l'une ayant pour point extrême Aberdare, l'autre Merthyr.

Les différentes houillères se rattachent à la ligne du Taff-Vale par des chemins de fer, des plans inclinés ou des *tram-roads;* quelques-unes transportent aussi leur charbon par le canal nommé *Glamorganshire canal*, qui suit le fond de la vallée à côté du Taff-Vale railway, ayant comme lui deux branches qui prennent naissance à Merthyr et à Aberdare, se joignent au même endroit que les chemins de fer, et se terminent au même point, c'est-à-

dire au dock de Cardiff. Les frais de transport par le chemin de fer sont d'environ 0 fr. 055 par tonne et par kilomètre ; par le canal ils sont un peu moindres, mais on s'en sert peu aujourd'hui, le transport par chemin de fer étant plus rapide et l'embarquement du charbon plus facile et plus expéditif.

L'exportation du charbon de Cardiff augmente dans une progression rapide ; elle était de :

165,000 tonnes en 1840,
660,000 tonnes en 1848,
1,205,000 tonnes en 1854.

En dehors du Taff-Vale railway et du canal de Glamorgan, plusieurs houillères d'Aberdare trouvent un débouché du côté de Swansea par le chemin de fer de la vallée de Neath, qui passe tout près d'Aberdare. C'est ici que se fait sentir l'inconvénient de deux différentes largeurs de la voie, la voie de Neath ayant la largeur de celle du Great-Western ($2^m.10$), et celle de Taff-Vale la largeur ordinaire ($1^m.44$) ; aussi il y a encore peu de houillères qui exportent vers Swansea. Mais elles seront bientôt en grande partie raccordées avec le chemin de Neath.

Le charbon arrivé à Cardiff est rarement déposé en stock ; on le charge de suite, l'extraction se réglant d'après les commandes et la présence des navires. On charge quelquefois à l'aide de brouettes ou de paniers ; le plus souvent le wagon entier est versé directement au moyen de machines nommées *staiths*, établies en nombre considérable le long du quai. En avant de chaque *staith* est une bascule pour peser le wagon chargé ; la tare doit être imprimée sur chaque wagon, et l'on a le droit de la vérifier de temps en temps. Le pesage se fait par un agent de la Compagnie du Taff-Vale railway, ou de l'administration des docks ; il inscrit le poids trouvé sur un registre à souches, en trois exemplaires, dont l'un est délivré au propriétaire du charbon et sert de base pour les connaissements, l'autre est destiné à la Compagnie du chemin de fer, le

troisième reste dans le registre ; après le pesage, le wagon est poussé vers la machine à décharger. Le *staith* est un bâti en charpente qui laisse glisser verticalement entre ses six montants une plate-forme sur laquelle on amène le wagon ; cette plate-forme, munie d'un système combiné de contre-poids, freins, etc., descend d'abord d'environ $1^{m}.10$ sous l'effet du poids du wagon, et reste maintenue dans cette position ; pendant la descente de la plate-forme, le wagon (pl. 7, fig. 8), dont l'extrémité R a été préalablement fixée à une chaîne suspendue aux traverses supérieures du bâti, prend la position inclinée indiquée par les ponctués : car les roues d'avant descendent seules avec la plate-forme, tandis que les roues d'arrière restent suspendues dans la même position qu'auparavant, soutenues par la chaîne. On avait fait sauter d'abord le crochet *n* qui tient fermée la paroi mobile du wagon ; celle-ci tourne autour de la charnière *m* et laisse rouler le charbon sur un auget en tôle fixé à l'aide d'une forte charnière aux montants du bâti ; cet auget peut ainsi s'incliner plus ou moins, suivant la hauteur du navire auquel il doit se raccorder. Pour diminuer la rapidité avec laquelle le charbon descend dans le navire, on ajoute à l'auget une traverse *st* fixée par la charnière *s*, autour de laquelle elle peut tourner en fermant ou ouvrant plus ou moins l'issue du charbon suivant la volonté du manœuvre qui retient par une chaîne l'extrémité *t* de la traverse mobile. Il faut pourtant dire que, d'après ce que j'ai vu, l'ouvrier chargé de manœuvrer cette traverse mobile s'acquitte rarement de son devoir d'une manière intelligente et satisfaisante ; la traverse existe partout, mais souvent on ne la fait pas jouer, ou bien on la fait jouer mal à propos.

Cette manière d'embarquer le charbon est vicieuse, surtout pour le charbon maigre : car, en descendant d'une hauteur considérable, de $3^{m}.10$, à laquelle il faut ajouter environ 5 mètres, profondeur moyenne du navire, le charbon se brise trop et produit, au chargement même, une forte proportion de menu. Afin d'éviter cette importante cause de déchet, on adopte quelquefois, *pour les four-*

nitures spécialement soignées, les deux dispositions additionnelles suivantes :

1° *Tas conique.* — On dispose au fond de la cale, à l'aplomb de chaque panneau, un tas conique de gros charbon trié à la main (*handpicked*). Dans ce cas, le charbon est réellement trié à la main, tandis qu'ordinairement le mot *handpicked* devrait être remplacé, à Cardiff, par celui de *screened*, le charbon dit trié n'étant en réalité que criblé sur la grille inclinée. Ce gros charbon est donc amené par le canal dans un bateau ; il en faut environ 40 tonnes par panneau ; on le charge au fond du navire à l'aide de paniers, en le disposant en cône dont le sommet doit atteindre le niveau du pont. Le charbon, en tombant de l'auget en tôle déjà mentionné au chargement ultérieur à la machine, va rencontrer de suite le cône amortisseur, sur la surface convexe duquel il roule dans le fond du navire.

2° La seconde disposition consiste dans l'addition d'une grille inclinée située sur le pont du navire en prolongement de l'auget en tôle, et tout près de l'ouverture du panneau. Ce criblage enlève le menu formé pendant le chargement des wagons à la houillère et pendant le transport au dock, enfin le menu qui a pu se former lorsque le charbon tombe du wagon et traverse l'auget. On m'a assuré que l'on trouvait 3 à 5 p. 100 de menu échappé à travers cette grille. Il faut avoir soin d'enlever continuellement le menu déposé sur le pont, sans cela la grille porterait bientôt sur le menu et ne fonctionnerait plus. Le poids total de ce menu doit être déduit de celui que l'on inscrit sur le livre de pesage.

Je ne saurais trop insister sur l'utilité de ces deux dispositions, dont l'emploi procure une grande économie en écartant le charbon maigre du menu, dont la valeur est très faible par rapport au prix que coûte son transport.

On fait en ce moment des essais en différents endroits afin d'utiliser le menu du *steam coal* en le mélangeant au charbon de *Rhondda-Valley* pour en faire du coke. A *Aberaman iron-works*, on faisait ainsi du coke pour les hauts-fourneaux ; mais on a abandonné cette

méthode, car le charbon maigre brûlait avant que le coke fût formé; ailleurs, on prétend que la condition de réussite serait de ne pas dépasser 25 p. 100 de charbon maigre dans le mélange. MM. Lemaire et C° ont établi aux environs de Cardiff à Llandaff une vingtaine de fours à coke avec l'intention de laver le menu du charbon de Rhondda; ils ont essayé dernièrement un mélange de *steam coal* menu avec le menu de Rhondda-Valley en proportion égale; le coke produit n'est pas bien beau; il contient beaucoup de schistes malgré le lavage, car on lave le menu tel qu'il vient, sans le broyer préalablement. On doit bientôt essayer ce coke sur une machine de la Compagnie du Taff-Vale railway. J'aurais voulu pouvoir communiquer quelques résultats plus heureux des divers essais tentés dans ce pays; mais il paraît qu'en France, au Creusot, la fabrication du coke avec le mélange du charbon maigre et gras réussit mieux. Est-ce bien du charbon maigre tel que celui d'Aberdare ?

Charbon gras de Rhondda-Valley.

En remontant de Cardiff par le chemin de fer du Taff-Vale, on rencontre, un peu au delà de la station de Newbridge, un embranchement qui se dirige à gauche dans la vallée de Rhondda; ce chemin de fer, construit à une voie et à forte rampe, est établi exclusivement pour desservir les houillères de Rondda-Valley; les voyageurs n'y sont pas admis. La locomotive monte avec peine les wagons vides, tandis que des trains de 120 wagons chargés (1000 tonnes de poids) descendent vers Newbridge maintenus par des freins et se dirigent sur Cardiff.

En suivant cet embranchement, on rencontre d'abord la houillère de *Fowler*, actuellement inexploitée; les travaux desservis par l'ancien puits se trouvent épuisés, et les recherches par des travaux neufs n'ont pas été heureuses jusqu'à présent.

A peu de distance de là, on voit 16 fours à coke circulaires abandonnés. Ces fours appartiennent à la Compagnie du Taff-Vale railway; mais elle a renoncé à fabriquer le coke elle-même, pouvant l'avoir à des conditions avantageuses et en quantité suffisante pour son immense trafic. Ce chemin de fer du Taff-Vale est un de ceux qui rapportent quelque bénéfice aux actionnaires, ce qui n'arrive pas souvent en Angleterre.

GYFEILLON-COLLIERY OU HOUILLÈRE DU GREAT-WESTERN. — La première houillère en exploitation à laquelle on arrive en suivant l'embranchement précité, est *Gyfeillon-Colliery*, appartenant autrefois à M. Calvert, et depuis deux ans à la Compagnie du Great-Western C°. Le puits d'extraction y a 150 yards de profondeur, et traverse d'abord la couche du charbon nommée *Rhondda-Valley* (Gyfeillon vein), de 0m.85 d'épaisseur, située à 25 yards au-dessous de sa surface.

Rhondda-Valley, n° 1. — Le charbon de cette couche contient beaucoup de soufre et de schistes, est impropre à la fabrication du coke et n'est pas exploité par le Great-Western; mais ailleurs on l'exploite pour les besoins domestiques. — 60 à 80 yards plus bas que la couche n° 1, se trouve la couche désignée, sur la section n° 2, par le nom de *Gellivyon* ou *Cymmer vein*.

Rhondda-Valley, n° 2. — La couche indiquée, sur la section n° 2, sous le nom de *lower coal*, ne se trouve pas dans la vallée de Rhondda proprement dite, ou du moins je n'en ai trouvé aucune trace; il est vrai que la section annexée n'était pas faite dans la vallée de Rhondda, mais à côté, sur la ligne du Taff-Vale. Le charbon n° 2 n'est pas non plus exploité par le Great-Western, car il n'est pas bon pour faire du coke, mais sulfureux et impur; il est pourtant moins impur que le charbon n° 1. On exploite ce charbon chez les autres propriétaires pour le vendre comme *house coal*;

quelquefois on en fait du coke de qualité inférieure destiné aux usines à fer-blanc (*tin-works*); mais il est certain que l'on s'en sert aussi pour le mêler au charbon réputé comme le meilleur, le plus pur, et le plus propre à la fabrication du coke.

Rhondda-Valley, n° 3. — Cette couche est située à 60 ou 80 yards environ plus bas que la couche n° 2; son épaisseur varie de 0m.65 à 1m.20; elle est en moyenne de 0m.90. Le puits par lequel le Great-Western extrait ce charbon est de 150 yards de profondeur; en y travaillant activement, on obtient 350 tonnes de charbon par 24 heures; la production normale est réglée de façon à pouvoir fabriquer 1000 tonnes de coke par semaine. On vend peu de ce charbon; l'excédant de la production est ordinairement cédé à la Compagnie du Bristol and Exeter railway. Le charbon de cette houillère est considéré comme l'un des meilleurs de la vallée, il doit cette qualité à la solidité du mur et du toit de la couche; néanmoins le menu du n° 3 n'est pas aussi pur que le prétendent généralement les propriétaires de Rhondda; il est donc assez important pour l'acheteur que le charbon *tout venant* en contienne le moins possible, parce qu'il est toujours plus ou moins mêlé de schistes ou terre. Ce charbon est tendre; sa cassure présente souvent des bandes ternes de quelques millimètres d'épaisseur que l'on serait disposé tout d'abord à considérer comme du schiste interposé; cependant c'est bien du charbon, mais dans un état particulier, état de transition pour ainsi dire analogue à celui des lignites parmi les combustibles fossiles; le nom anglais qu'on donne à ces parties ternes semble l'indiquer; on les appelle *mother of coal* (charbon mère) ou bien *charcoal* (charbon de bois). On voit aussi quelquefois des pyrites dans le charbon n° 3 de Rhondda-Valley, mais c'est assez rare, et l'on peut considérer ce charbon comme comparativement exempt de soufre.

Fabrication du coke à Cyfeillon-Colliery. — Voici quelques

détails relatifs à la fabrication du coke dans l'établissement du Great-Western. Il y a en tout 132 fours, dont 16 en construction; ces fours ne présentent rien de particulier; on ne chauffe pas la sole, on charge 3 tonnes 1/2 de charbon à la fois, et la cuisson dure 48 heures; le vendredi et le samedi on charge 4 tonnes 1/2, car on ne décharge ces fournées que le lundi et le mardi; le coke de ces deux jours est meilleur, la cuisson plus parfaite, et généralement la cuisson lente convient mieux à ce charbon. Avant l'enfournement, les hommes brisent à coups de marteau le gros charbon pour le réduire en morceaux de la grosseur du poing tout au plus. On compte de 26 à 28 cwt de charbon pour 1 tonne de coke, ce qui correspond à 73 0/0 de rendement. La couche chargée a $0^m.78$ d'épaisseur, et le coke, en augmentant le volume pendant la cuisson, présente ensuite l'épaisseur de $0^m.86$; mais si le charbon provient du tas tenu toujours en réserve comme approvisionnement dans le cas où l'exploitation serait arrêtée par quelque accident, si ce charbon, dis-je, est resté quelque temps à l'air, le fait contraire a lieu; l'épaisseur du charbon chargé étant $0^m.78$, celle du coke descendra jusqu'à $0^m.70$; la cuisson, dans ce cas, fait diminuer le volume, au lieu de l'augmenter; il faut donc conclure que pendant tout le temps que le charbon reste en tas, exposé à l'air et à la pluie, une combustion lente, spontanée, s'opère, et une forte proportion des gaz se perd; le coke est de moins bonne qualité.

Le prix de revient du coke, y compris tous les frais d'extraction et de fabrication, l'intérêt de capitaux, le *royalty* (1) et les frais d'administration, est de 9 shillings par tonne. Je signale ici une particularité relative au pesage du charbon; la tonne anglaise comptée dans les marchés pour 2240 lbs est différente pour les ouvriers; les ouvriers, dans les usines à fer, sont payés tant

(1) *Royalty* est la redevance prélevée par le propriétaire du sol pour chaque tonne extraite par l'exploitant. Cette redevance est variable et dépend des arrangements entre les parties. Elle varie de $0^m.30$ à $1^m.40$ par tonne de charbon.

par tonne de 2400 lbs, car un quarter, au lieu de 28 lbs, compte dans ce cas pour 30 lbs; pour le payement du charbon extrait par les ouvriers, la tonne devient encore plus lourde, elle compte alors 21 cwt de 120 lbs chacun, ce qui équivaut à 2520 lbs par tonne, ou 280 lbs de plus que la tonne ordinaire.

Calvert's hafod pit. — A quelque distance de Gyfeillon-Colliery on voit à droite un nouveau puits nommé *Hafod-pit*, encore non terminé; ce puits profond et coûteux appartient au même M. Calvert, qui a vendu le Cyfeillon-Colliery au chemin du Great-Western.

Llwynn-Celyn-Colliery. — Plus loin, en remontant dans la vallée, on rencontre à gauche la houillère connue sous le nom de *Llwynn-Celyn-Colliery*, où la couche n° 3 se trouve dans des conditions exceptionnelles et défavorables; le *rider of coal* que l'on voit à 22 yards au-dessus de *Calvert's vein* est un charbon que l'on n'exploite nulle part à cause de sa faible épaisseur et de sa qualité inférieure. Le nom de *rider* est généralement donné à une couche peu épaisse de charbon, qui précède la couche exploitée; c'est un avant-coureur de la veine proprement dite, situé à peu près parallèlement et à certaine distance de la couche principale; mais étant sujet aux inflexions et irrégularités, le *rider* change quelquefois de position relativement à la couche. Ainsi, dans le cas présent, il descend vers la couche n° 3, et, à Llwynn-Celyn, il n'en est plus séparé que par $0^m.08$ à $0^m.15$ de *clod* (espèce de schiste); ce *rider*, dont l'épaisseur est de $0^m.45$ environ (pl. 7, fig. 9), donne, avec la couche n° 3 et le *clod* interposé, une épaisseur totale de $1^m.60$, exploitée jusqu'à présent sous le nom de charbon n° 3; le menu de ce charbon contient évidemment la plus grande partie du *clod* interposé qu'un triage à la main ne peut éliminer. On se proposait dernièrement de faire un arrangement avec les mineurs, par suite duquel ils auraient dû laisser tout le menu en bas et ne monter par le puits que le gros,

qui aurait pu facilement être exempt de *clod;* pour tenir compte de la perte que les ouvriers auraient eu à subir, on leur aurait payé pour 4 tonnes de gros ce qu'ils recevaient pour 5 tonnes de charbon *tout venant;* ce nouvel arrangement aurait donné un prix de revient de 2 fr. par tonne d'abatage de gros charbon.

Tout près de Llwynn-Celyn existe l'exploitation nommée *Porth.* On y extrait par des galeries le charbon n° 2, sulfureux et impropre à la fabrication du coke; on le vend comme *house coal.*

En suivant la vallée, on arrive à la bifurcation de la rivière Rhondda; à gauche, se présente le *grand Rhondda* (Rhondda-Fawr), où sont situées toutes les houillères exploitant la couche n° 3; à droite, le *petit Rhondda* (Rhondda-Fychan), où il n'y a que quelques petites exploitations de la couche n° 2.

Troed-y-rhew Colliery. — Près de l'angle que forment les deux bras de la rivière se trouvent les deux puits de Troed-y-rhew Colliery, dont l'un sert à l'extraction du charbon n° 3; ce puits, nommé *Tyne-wydd-pit*, a une profondeur de 100 yards; on en extrait 200 à 250 tonnes de houille par jour. L'autre puits, situé à l'entrée de *Rhondda-Fychan*, donne le charbon n° 2; près de ce puits on voit une douzaine de fours fabriquant autrefois du coke pour les usines; mais aujourd'hui, le principe généralement adopté, aussi bien pour l'exportation à l'étranger que pour la consommation intérieure, est de transporter le charbon et de le cuire à l'endroit de son emploi, au lieu de transporter le coke fabriqué près des houillères. En effet, le transport et le transbordement produisent un déchet en coke menu, qui est complétement perdu, tandis que le charbon gras n'est pas sujet à cette cause de déchet. Le charbon n° 3 de la Compagnie Troed-y-rhew est bon; il paraît pourtant que le toit de la couche n'y est pas aussi dur qu'à Great-Western Colliery; à la surface supérieure du charbon gros adhère une mince couche schisteuse, qui, en se délitant, tombe ensuite dans le menu; cela a lieu aussi, d'ailleurs, dans *Cymmer-Colliery*, située à une

faible distance, ou plutôt en face de Troed-y-rhew, de l'autre côté de Rhondda-Fawr.

Cymmer ou Insole's Colliery. — M. Insole possède deux puits, dont l'ancien produit 200 tonnes par jour; il est profond de 88 yards et traverse la couche n° 2 à 25 yards au-dessous du sol; le puits neuf, situé un peu plus haut, a 108 yards de profondeur et descend aussi dans la couche n° 3; on extrait de ce puits environ 100 tonnes par jour, les travaux souterrains n'ayant pas encore une grande étendue. Le charbon n° 2 est exploité ici par deux galeries; on en tire peu, et il sert principalement pour le chauffage des habitations ouvrières. Il y a à Cymmer une soixantaine de fours à coke; on charge dans chaque four 5 tonnes à la fois; la cuisson dure 48 heures; le rendement moyen est de 6" 0/0. On utilise ainsi sur place la plus grande partie du menu; tout charbon sortant du puits est versé sur la grille inclinée, dont les dimensions seraient excellentes pour le charbon maigre; elle a 9 pieds de longueur, et l'écartement entre les barres est de 3 pouces ou 0m.08. Le gros charbon est vendu sous le nom de *clean coal*, et je crois qu'il y aurait un avantage réel au point de vue du transport à l'acheter dans cet état au lieu de *tout venant;* en chargeant le tout venant, on a soin de faire ajouter au charbon gros déjà criblé une certaine proportion de menu.

Dinas ou Coffin's Colliery. — Cette houillère, connue depuis plus de vingt ans sous le nom de Coffin, est la plus ancienne exploitation de Rhondda-Valley. Il y a quelques années, on a eu l'idée, à Dinas, de produire un coke plus dense en le comprimant sous des marteaux à vapeur. Pour les détails, le plan de l'appareil ressemblait beaucoup à celui du procédé Warlich employé pour la fabrication du *patent fuel;* mais on n'a que trop bien réussi, le coke était transformé en masse tellement dense qu'elle cessait d'être combustible. Il a fallu renoncer à cette fabrication, après avoir dé-

pensé des sommes importantes en bâtiments, machines, etc. On continue à Dinas l'extraction du charbon n° 3; le charbon de Coffin, très connu dans le pays, est considéré comme valant presque le bon charbon de Rhondda; cette réputation paraît être méritée; cependant il contient une proportion de menu plus considérable que celui des autres exploitations. Comme je suis convaincu que le menu de Rhondda-Valley est loin d'être pur, je considère cette circonstance comme regrettable; mais il est certain que ce charbon, trié ou passé sur la grille, donnerait un coke aussi bon et aussi pur qu'on peut le désirer. Il y a deux puits à Dinas, tous les deux pour l'extraction du charbon n° 3; leur profondeur est de 90 yards; on traverse la couche n° 2 à 6 yards au-dessous du sol; on tire 300 à 350 tonnes de charbon par jour. Par suite d'un soulèvement de la couche n° 3 que l'on a reconnu dernièrement, on espère pouvoir extraire le charbon de cette couche par une galerie qui sert actuellement à l'extraction du charbon n° 2 exploité en faible quantité pour les besoins locaux. Il existe à Dinas 60 fours à coke; on charge 5 tonnes par four, la cuisson dure 72 heures, le rendement n'est que de 67 0/0 à cause de cette cuisson prolongée. Dinas possède en outre un stock d'environ 10,000 tonnes de coke.

Gelligaled-Colliery. — La dernière houillère importante de Rhondda-Valley, située à 5 kilomètres au delà de Dinas-Colliery, est connue sous le nom de Gelligaled-Colliery; comme on se trouve près des affleurements, on y peut exploiter la couche n° 3 par galerie; il n'y a pas de puits à Gelligaled; on extrait de 100 à 150 tonnes par jour; c'est une houillère ouverte très récemment. A cause de son voisinage des affleurements, on suppose le charbon n° 3 de Gelligaled plus mou (*soft*) et moins pur que dans les autres houillères déjà nommées; cependant l'examen de ce charbon ne m'a pas fait voir cette infériorité; il m'a été difficile de trouver dans un tas considérable de ce charbon une trace de pyrite ou de schiste; il semble aussi dur que les autres charbons de

Rhondda. L'avantage principal que présente cette houillère est qu'elle fournit actuellement à l'acheteur le gros charbon seul au même prix que le *tout venant* des autres exploitations, car le menu est envoyé à l'usine d'Aberaman en échange du charbon maigre. En outre, le charbon n° 2 n'est pas encore exploité à Gelligaled; il n'y a donc pas à craindre qu'une certaine proportion de ce charbon puisse être mêlée avec le n° 3.

Ce sont là toutes les houillères de Rhondda-Valley. Sur la branche de *Rhondda-Fychan*, il n'existe, comme je l'ai déjà dit, que quelques petites exploitations de la couche n° 2. Je ne voudrais pas faire une classification absolue de la valeur de ces différentes houillères, je me borne à constater que le charbon Coffin tient la première place dans l'opinion générale, et que la houillère seule du Great-Western lui dispute cette place; que le charbon de la couche n° 3 des autres houillères est d'une qualité à peu près uniforme, sauf celui de Llwynn-Celyn, placé dans le voisinage désavantageux du *clod* et du *rider;* enfin, que je préférerais de beaucoup le *gros* charbon au *tout venant*.

Je termine ce chapitre en indiquant les points principaux sur lesquels devrait porter l'attention de l'agent chargé de contrôler la fourniture de charbon de Rhondda-Valley :

1° Exiger que, dans le charbon *tout venant*, il y ait le moins de menu possible : car ce menu n'est jamais pur et contient des schistes, quoique les propriétaires ne veuillent pas en convenir.

2° Savoir si le *toit* et le *mur* de la couche sont durs à l'endroit de l'exploitation.

3° S'assurer qu'il n'existe pas une couche de *clod* interposée entre le *rider* et la veine n° 3, comme c'est le cas à Llwynn-Celyn.

4° S'assurer que le *rider* ne s'approche pas assez de la couche n° 3 pour pouvoir être exploité en même temps que cette couche.

5° Savoir si le charbon n° 2 n'est pas tiré par le même puits que

le charbon n° 3, s'il n'y a pas une galerie inclinée (descenderie) reliant la couche n° 2 à la couche n° 3 : car, alors, les deux qualités pourraient être extraites ensemble par un même puits et vendues indistinctement.

6° Enfin, veiller à ce que le mélange du n° 2 avec le n° 3 ne soit fait d'aucune manière, ni volontairement ni accidentellement

Steam coal ou Charbon maigre de la vallée d'Aberdare.

Presque toutes les exploitations importantes de charbon maigre exporté de Cardiff se trouvent dans la partie de la vallée d'Aberdare comprise entre les stations de Mountain-Ash et d'Aberdare; il y en a peu dans la vallée adjacente de Merthyr, desservie par l'autre branche du Taff-Vale railway. Un peu plus haut qu'Aberdare on rencontre déjà les affleurements des couches; c'est par là, près des affleurements, que l'on a commencé à exploiter le charbon, d'abord exclusivement pour le service des usines à fer, puis on a établi des exploitations dont le nombre va toujours croissant, et qui sont destinées à extraire la houille pour les besoins du commerce. Les exploitations nouvelles descendent de plus en plus dans le sens de la vallée, et les derniers puits creusés aujourd'hui se trouvent déjà avoir, aux environs de Mountain-Ash, une profondeur de 250 mètres environ.

Je vais m'occuper de la description des différentes houillères de cette vallée, situées généralement dans le thalweg, d'après l'ordre d'ancienneté des exploitations et la profondeur des puits; je commencerai par dire quelques mots de la nature du charbon exploité, qui peut être divisé en trois couches, savoir : *Upper four feet coal*, *six feet coal* et *nine feet coal*.

Upper four feet coal. — Cette couche fournit un charbon excellent, d'une grande pureté, dur, à cassure généralement fibreuse,

contenant beaucoup de carbone, d'une combustion facile, et développant une forte chaleur. Ce charbon varie peu dans sa qualité; il n'y a, pour ainsi dire, que son état physique qui varie; il est plus ou moins dur, plus ou moins friable, mais toujours bon. La couche contient des *brass balls* (nodules de pyrite de fer) que les mineurs peuvent facilement trier. Son épaisseur est aux affleurements de 3 à 4 pieds, et presque toujours 6 pieds dans la vallée; il semble que c'est la couche supérieure désignée sur la section d'Aberdare comme *two feet vein*, qui, s'approchant du *four feet*, forme ensuite cette épaisseur agrégée de 6 pieds. Le *four feet*, comme les autres couches d'Aberdare, remonte vers le nord avec l'inclinaison de 1/12, quelquefois de 1/9.

Six feet ou *Foes-y-frein coal.* — La seconde couche exploitée dans la vallée produit la houille dite *six feet coal.* Ce charbon, situé de 16 à 30 yards plus bas que le *four feet*, est appelé quelquefois *lower four feet;* on l'exploite presque partout, excepté dans les puits ouverts très récemment; il diffère beaucoup du *four feet* sous le rapport de la pureté; il contient une forte proportion de pyrites, ce qui diminue sa valeur; à l'aspect, il ressemble au *four feet*, dont il possède souvent la dureté; on devrait, à cause de sa sulfuration, l'exclure de toute fourniture soignée, mais c'est un sacrifice que les propriétaires font difficilement, aussi on le mélange plus ou moins avec le *four feet*, qui se trouve déjà bien épuisé dans plusieurs houillères.

Nine feet ou *Race-lace coal.* — La troisième couche du charbon d'Aberdare est le *nine feet coal;* cette couche se trouve à 60 ou 70 yards au-dessous du *four feet;* son caractère distinctif est son peu de dureté; il est d'une qualité très inégale. Près des affleurements, il est plus schisteux et plus bitumineux; il est moins brillant que le *four feet*, et contient des *bassets* (schistes très riches en carbone); les bassets ressemblent beaucoup au charbon, et il faut un peu

d'habitude pour les distinguer par leur structure feuilletée. Le *nine feet coal* est tantôt préférable, tantôt inférieur au *six feet coal*, quoiqu'il soit toujours moins sulfureux. On l'exploite dans un moins grand nombre de localités que le *six feet*, parce qu'il se trouve à une profondeur plus grande, à laquelle on n'avait pas encore besoin de descendre dans les exploitations d'une date plus récente.

En dehors de ces trois couches principales on exploite quelquefois, quoique rarement, le *yard coal*, situé entre le *four feet* et le *six feet*, ainsi que le charbon de *dirty vein*, trouvé à quelques yards plus bas que le *six feet;* ces charbons ont peu de valeur, et ne sont exploités que pour utiliser les machines d'extraction.

En 1845, sur la proposition du député Joseph Hume, et à l'instar de ce qui a été fait en Amérique deux ans auparavant, l'amirauté anglaise avait chargé sir H. de la Beche, directeur de *Geological survey of the United Kingdom*, d'un travail expérimental sur les différents combustibles du pays, afin d'en déterminer la valeur respective. Ces expériences devaient être faites au point de vue de l'utilisation de la houille par la marine royale anglaise; le premier rapport de sir de la Beche et du docteur Lyon Playfair parut en 1848, le second en 1849, et, je crois, le troisième et dernier un an plus tard. Dans ces documents se trouvent des observations sur plusieurs charbons de la vallée d'Aberdare; je donne une traduction de toutes celles qui ont rapport aux houillères du district de Cardiff. Comme remarque générale, je dois prévenir que les expériences étaient faites sur le charbon de la couche *four feet*, à l'exception de celui de *Gadly's Colliery* dont l'échantillon du *nine feet* était traité à part. A la fin de mon travail se trouve un tableau contenant les résultats de ces expériences relatives aux combustibles de la vallée d'Aberdare, et, comme terme de comparaison, je place dans ce même tableau les résultats des essais analogues sur l'un des meilleurs charbons de Newcastel, appelé *West Hartley coal*.

Scybervein-Colliebies. — (Propriétaires : MM. Thomas et Lewis.) L'exploitation des houillères de Scrybervein se fait par des galeries situées tout près des affleurements, un peu au-dessus d'Aberdare ; on y creuse actuellement deux puits, et on se propose d'établir une usine à fer ; presque toutes les couches de charbon y sont exploitées indistinctement.

Gadly Iron work coals. — (Propriétaire : M. Vayne.) Les houillères de Gadly se trouvent à la même hauteur que les précédentes, mais plus vers l'ouest du bassin ; on y exploite pour l'exportation le *four feet* et le *nine feet*, que l'on mélange ensemble ; le *four feet* s'y trouve à 34 yards au-dessous du sol, il est moins brillant que plus bas dans la vallée ; le *nine feet* est schisteux et s'obtient difficilement pur ; ce charbon paraît avoir peu de dureté. Des explosions fréquentes se sont fait sentir dans la partie Est de cette exploitation.

Extraits du rapport a l'amirauté.

« Les échantillons reçus de Gadly étaient un peu mous et pos-
« sédaient, à un degré remarquable, l'aspect d'une semi-cristalli-
« sation radiale ; en même temps les faces de séparation étaient
« bien polies, ce qui semble être produit par le glissement d'une
« partie contre l'autre, et ce que l'on rencontre souvent dans les
« charbons du pays de Galles ; ce fait a été surtout observé sur le
« charbon de la veine de *four feet*. Le *nine feet* présente moins cet
« aspect, et contient des couches minces d'une substance terne,
« friable, ressemblant au charbon de terre minéralisé ; il contient
« aussi des impressions végétales et de minces schistes blancs. Les
« couches donnent des charbons qui brûlent dans des conditions

« analogues pour le chauffage des chaudières, avec beaucoup de « flamme et peu de fumée, mais laissant une grande quantité de « parties incombustibles, qui, jetées de nouveau sur la grille, ob- « struent les jours des barreaux et gênent le tirage. Il est néces- « saire d'avoir recours à un tirage énergique pour maintenir un « bon feu. A la fin des expériences il restait peu de crasses sur la « grille; ces crasses étaient de couleur rouge. »

Les résultats des essais avec le *four feet* et le *nine feet* de Gadly sont consignés dans le tableau.

Cwm dare. — (Propriétaire : M. William.) Ce puits se trouve près de Gadly; le charbon est exporté à Swansea, par M. Insole; je ne suis pas allé à cette houillère, qui n'envoie pas de produits à Cardiff.

Abernant-Colliery. — *Dépendance d'Aberdare Iron works.* — (Propriétaire: M. Fothergill.) On exploite le charbon de cette houillère pour l'usine et pour l'exportation. Il y a quatre puits, deux galeries, et, en outre, on creuse trois nouveaux puits. Les puits existants sont :

1° *Cwm bach pit.*— Profondeur, 40 yards; on extrait 180 tonnes par jour du *four feet* seul; le charbon de ce puits est destiné à l'exportation.

2° *Forge pit.* — Profondeur, 69 yards; la machine d'épuisement y est à traction directe; partout ailleurs, dans la vallée d'Aberdare, les machines d'épuisement sont à balancier. On extrait 100 tonnes par jour du *nine feet coal;* le *six feet* y est déjà épuisé, et l'on attaque maintenant le *dirty vein.* Le charbon de ce puits est un charbon de forge.

3° *River level pit.* — Profondeur, 31 yards; l'extraction est de 130 tonnes par jour, composée de *nine feet* et de *dirty vein.*

4° *Blanant pit.* — Profondeur, 134 yards. On extrait par ce

puits le *four feet*, le *yard coal*, le *six feet* et le *nine feet*. — Si l'on prenait du charbon d'Abernant (*M. Fothergill's Aberdare coal*), il faudrait qu'il provînt de *Cwm bach pit;* le *four feet* y serait bon, quoique peut-être pas assez dur comme trop près des affleurements.

Abernant-y-gros pit. — (Propriétaire : M. Powell.) Ce puits a 125 yards de profondeur; on en extrait 160 tonnes du *nine feet coal* par jour.

Upper Duffryn pit. — (Propriétaire : M. Powell.) Ce puits a 95 yards de profondeur et descend seulement jusqu'au *four feet;* mais on en tire aussi le *six feet*, amené au puits à l'aide d'une machine à vapeur et d'un plan incliné que l'on a établi dans les travaux souterrains; le *four feet* est bien épuisé dans cette houillère, et le *six feet* entre aujourd'hui pour moitié dans les 180 tonnes qu'on extrait journellement. C'est probablement ce puits qui a fourni les échantillons du *four feet* pour les essais dont parle le rapport anglais dans les termes suivants : « C'est un charbon un « peu tendre, cassant facilement en petits morceaux, à cassure bril- « lante mais un peu ternie par l'irrégularité apparente de sa struc- « ture; il contient une proportion considérable d'une substance « blanche, mais on n'y rencontre pas de pyrite de fer. Quelques « morceaux de charbon, dans lesquels la structure est bien visible, « montrent les lignes fibreuses perpendiculaires au lit de la couche. « On voit aussi le long du lit des couches nombreuses et très minces « d'une substance brune tendre. — Nous avons observé, pendant « les essais, que ce charbon s'allume promptement, brûle facile- « ment, et produit rapidement la vapeur. Il donne un feu très « pur, sans fumée, ne s'agglutine pas et n'encrasse pas la grille; les « cendres et les escarbilles sont pures et d'une couleur blanchâtre. »

Abergwawr-Colliery. — (Propriétaire : M. Powel.) Le charbon de cette houillère, comme celui de toutes les autres appartenant à

M. Powel, est exporté sous le nom général de *Duffryn steam coal*. On exploite à Abergwawr les deux couches *four feet* et *nine feet*, par deux puits l'un à côté de l'autre, mais on charge les deux charbons indistinctement dans les wagons. Le puits du *four feet* a 56 yards de profondeur, celui du *nine feet* a 126 yards. On extrait environ 200 tonnes par jour; le *four feet* entre pour plus de moitié dans cette quantité Il y a sous terre, pour l'exploitation du *four feet*, un plan incliné desservi par une machine à vapeur montée à la surface du sol. Le charbon est extrait par le puits du *nine feet*.

Nixon's Merthyr. — Le *Werra pit* a une profondeur de 130 yards; il est situé de côté, à un niveau plus élevé que *Upper Duffryn;* on y exploite principalement le *four feet*, peu de *nine feet*, et peut-être aussi un peu de *six feet*. Le charbon a une belle apparence, il est estimé; on en tire près de 300 tonnes par jour. La grille de triage est bien disposée, elle a 10 pieds de longueur; les barreaux sont écartés de plus de $0^{m}.03$; le menu, trié par la grille, est reporté mécaniquement sur une autre grille dont les barreaux sont écartés de $0^{m}.015$; les plus gros morceaux ainsi retirés du menu, nommés *nuts*, servent pour les chaudières de la machine; le menu définitif est envoyé aux fabricants du *patent fuel* de Swansea.

Près de là se trouve la houillère d'*Aberdare coal*, que je n'ai pas visitée.

Lletty-Shenkin-Colliery. — Le charbon de *Leltty-Shenkin* est très estimé dans le commerce sous la désignation de *Thomas' Merthyr;* le puits situé un peu plus bas que Upper Duffryn a 126 yards de profondeur et descend jusqu'au *six feet;* on tire 160 à 200 tonnes de combustible par jour. Un cinquième environ de cette production est du *six feet*, le reste du *four feet*. La couche de *nine feet* n'est pas exploitée; on doit exploiter les trois couches

principales au moyen d'un nouveau puits que l'on creuse maintenant à Lletty Shenkin.

Dans le rapport anglais, il est dit que le charbon Thomas' Merthyr ressemble à celui de la Compagnie d'Aberdare coal : « Il est « brillant, à cassure cubique, présentant souvent la structure ra- « diale, plus dur que les autres charbons de ce bassin et ne pa- « raissant pas contenir de schistes blancs et de pyrites ; il brûle « très bien, en dégageant peu de fumée et laissant peu de cen- « dres. » Mais le Thomas' Merthyr occupe un rang supérieur sous le rapport de la puissance d'évaporation.

La Compagnie Thomas' Merthyr possède, dans la vallée de Merthyr, un très bon charbon bien dur nommé *graig*, dont on se sert surtout pour le *stiffening* du navire, en arrangeant le gros charbon en tas conique. Ce charbon est réellement trié à la main, amené par le canal et chargé avec le panier.

Yniscynon-Colliery. — Le charbon de la houillère de *Yniscynon* était quelquefois exporté sous le nom d'*Aberaman Merthyr ;* mais ce n'est pas Aberaman proprement dit, dont je parlerai tout à l'heure ; le propriétaire d'*Yniscynon pit* est M. William ; l'exporteur M. Insole. Le puits a une profondeur de 80 yards et atteint le *four feet* par une galerie inclinée ; on amène au fond du puits le *six feet*, tandis qu'une balance hydraulique établie dans les travaux souterrains ramène au même puits le *nine feet*. On exploite donc les trois couches par le même puits ; on extrait moins de *nine feet*. Le charbon est à grain serré, brillant, avec quelques faibles lignes de schiste et de *char coal*.

Aberaman-Colliery. — Cette houillère appartient à M. Crawshay Bailey, propriétaire d'Aberaman Iron works. Il y a deux puits, exploitant tous les deux du *four feet* seul ; l'un a 127 yards, l'autre 142 yards de profondeur ; ils sont établis aux niveaux respectifs de la forge et des gueulards des hauts-fourneaux ; le charbon est exploité surtout pour les besoins de l'usine.

MIDDLE-DUFFRYN. — (Propriétaire : M. Powell.) Le puits de *Middle* est situé plus bas dans la vallée, aux environs de la station Treaman; il a 160 yards de profondeur; on en extrait par jour 250 tonnes de *four feet* d'une très bonne qualité.

LOWER-DUFFRYN. — Situé encore plus bas, près de Mountain-Ash. On n'exploite que le *four feet* seul; mais il paraît que ce charbon est plus friable que celui de *Middle-Duffryn*. La houillère Lower-Duffryn possède deux puits situés à des niveaux très différents. Par le puits supérieur *Cwm penar* on extrait 200 tonnes par jour; ce charbon descend d'abord par un plan incliné pour arriver au niveau du second puits; et ensuite par un autre plan incliné les produits des deux puits descendent au chemin de fer et au canal. Le charbon est passé sur le crible en bas du second plan incliné; le puits inférieur a 270 yards de profondeur et l'on en extrait 200 tonnes de *four feet* par jour.

Enfin, tout près de Mountain-Ash se trouve le dernier puits en exploitation nommé DEEP-DUFFRYN ou MOUNTAIN-ASH-COLLIERY. — (Propriétaire actuel : M. Nixon.) Le puits a 282 yards de profondeur, descend dans le *four feet*, qui est le seul charbon exploité dans cette houillère; on en tire 200 tonnes par jour.

En outre, M. Nixon fait depuis trois ans le fonçage d'un nouveau puits encore plus profond et plus avancé dans la vallée.

D'après les observations et renseignements recueillis, il me semble que les charbons les plus avantageux sont ceux produits par les exploitations suivantes :

Middle-Duffryn de M. Powell,

Thomas' Merthyr de Lletty Shenkin, qui devrait fournir du *graig coal* pour le tas conique dans le navire.

Nixon's Merthyr. — Son charbon *Deep-Duffryn*, comme *four feet* pur, sera sans doute préférable à la houillère de Werra.

Quant à l'*Aberaman-Merthyr*, il n'est pas actuellement exploité.

en quantité assez grande pour pouvoir promptement en charger un navire de fort tonnage.

On pourrait aussi prendre du charbon d'Abernant (Eothergill's) provenant de *Cwm bach pit*.

En contrôlant la fourniture du *steam coal* d'Aberdare, on devrait s'assurer :

1° Que la fourniture consiste autant que possible en charbon nommé *upper four feet ;*

2° Que les *brass* et les *bassets* soit soigneusement triés par les mineurs ;

3° Que les grilles disposées aux houillères pour le triage du menu ont les dimensions et l'inclinaison convenables, afin de pouvoir efficacement atteindre le but qu'on se propose ;

4° Que la houillère choisie et désignée par la Compagnie du chemin de fer livre toujours son propre charbon tiré du puits indiqué ; car on fait souvent des sous-traités, et le charbon fourni est d'une tout autre provenance que celle que l'on avait indiquée.

5° Enfin, on devra avoir soin d'exiger, s'il est possible, les mesures indiquées pour l'embarquement du charbon, afin d'éviter que le menu soit chargé et transporté, et pour qu'il s'en forme le moins possible pendant le chargement. Le menu tombé à travers la grille additionnelle établie sur le pont doit être enlevé de temps en temps et déposé à part ; à la fin du chargement on en prendra le poids, qu'il faudra déduire du poids total inscrit sur le livre du pesage ; c'est la différence de ces deux poids qui devra servir de base pour les *connaissements* et *factures*.

TABLEAU *extrait du* REPORT ON THE COALS SUITED TO THE STEAM NAVY, *indiquant, en mesures françaises, la composition chimique et la valeur économique des quelques charbons d'Aberdare.*

NOM du COMBUSTIBLE.	COMPOSITION CHIMIQUE						Proportion pour cent du coke obtenu par la cuisson du combustible	Densité.	Volume pratique occupé par une tonne de combustible.	Puissance d'évaporation ou poids d'eau évaporée à 100° par 1 kilog. de combustible.	Vitesse d'évaporation ou nombre de kilog. d'eau évaporée par heure.	Pouvoir cohésif ou proportion de gros morceaux sur 100 kilogrammes.
	Carbone	Hydrogène	Azote	Soufre	Oxygène	Cendres						
Powell's Duffryn.	88 26	4 66	1 45	1 77	0 60	3 26	84 30	1 326	1 176	10 14	185 28	56 2
Thomas' Merthyr.	90 42	4 33	1 00	0 85	2 02	1 68	86 53	1 300	1 180	10 16	236 00	55 5
Nixon's Merthyr.	90 27	4 12	0 63	1 20	2 53	1 25	79 11	1 310	1 210	9 96	231 48	64 5
Aberdare Co's Merthyr.	88 28	4 24	1 66	0 91	1 65	3 26	85 83	1 310	1 268	9 73	221 52	74 5
Gadley (four feet).	88 56	4 79	0 88	1 21	—	4 88	88 23	1 320	1 213	9 21	181 20	68 5
De (nine feet).	86 18	4 31	1 09	0 87	2 21	5 34	86 54	1 330	1 141	9 56	234 20	76 0
West Hartley coal de Newcastle.	83 26	5 31	1 72	1 38	2 50	5 84	59 49	1 250	1 312	7 61	182 56	76 5

COUPE GÉOLOGIQUE

DES TERRAINS TRAVERSÉS PAR LA

COMPAGNIE MÉTALLURGIQUE D'ABERDARE

ÉPAISSEUR.	DÉSIGNATION DES COUCHES.
m.	
6 40	Terre tendre.
0 08	*Minerai de fer.*
1 65	Terre à mine.
0 08	*Minerai.*
3 50	Schiste bleu.
0 33	Houille.
1 57	Schiste noir.
4 10	Rocher.
5 30	Terre tendre à mine.
0 45	Houille.
0 40	Houille.
0 40	Argile réfractaire.
0 68	Houille.
0 17	
3 40	Schiste noir.
2 20	*Minerai.*
2 30	Terre à mine.
0 35	*Minerai*, couche inférieure.
7 20	Terre à mine, avec couches irrégulières de minerai.
5 65	Rocher.
5 55	Terre à mine, avec poches de minerai.
0 23	Houille.
2 45	
0 55	Argile réfractaire.
5 20	
0 38	Rocher noir.
0 25	Houille.

ÉPAISSEUR.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	
m.		
1 35	Roc dur.	
7 10		
1 52	Argile réfractaire dure.	
0 43	Rocher dur.	
6 00	Terre dure à mine, avec poches de minerai.	
0 50	Rocher gris.	
2 00		
0 38	HOUILLE.	
1 45	Schiste noir tendre (clod).	
12 20	Terre à mine, avec lits de rocher.	
0 60		
0 63	HOUILLE.	
4 62		
0 25	Schiste noir (clod).	
1 25	HOUILLE.	
3 35		
3 65	Rocher contenant des couches de schiste.	
3 65	Schiste noir (clod).	
0 92	HOUILLE.	
7 65		
1 22	HOUILLE	FOES-Y-FRAEN.
0 08		
0 38	HOUILLE	
0 10		
0 30	HOUILLE	
0 08		
0 25	HOUILLE	
0 10		
0 63	HOUILLE	
3 86		
0 15	*Minerai de fer.*	SOAP-VEINS.
1 06		
0 05	*Minerai de fer.*	
0 91		
0 07	*Minerai de fer.*	
1 22		
0 08	*Minerai de fer.*	
0 60		
0 05	*Minerai de fer.*	
2 55		

ÉPAISSEUR.	DÉSIGNATION DES COUCHES.
m.	
0 90	Schiste noir.
2 60	
1 32	Roc dur.
0 08	
0 55	Houille. . . . }
0 025	} RACE-LACE.
1 60	Houille. . . . }
11 00	
0 60	Houille. . . . }
0 38	Schiste. . . . } DIRTY-VEIN.
0 60	Houille. . . . }
18 60	
0 60	Argile réfractaire.
2 75	
0 94	Houille. . . . VARD-COAL.
5 50	
1 22	Terre à mine contenant des couches de *minerai*.
0 10	Veine noire de *minerai de fer*.
4 10	
0 18	Couche inférieure de *minerai*.
1 65	
0 13	*Minerai*.
0 50	
0 04	*Minerai*.
1 22	Schiste.
0 05	*Minerai*.
0 30	
0 05	*Minerai*.
8 65	
0 13	*Minerai* . . . . }
0 73	Schiste. . . . } BLUE-VEIN.
0 55	*Minerai* . . . . }
4 90	
2 75	Rocher.
2 45	

ÉPAISSEUR.	DÉSIGNATION DES COUCHES.	
m.		
0 15	*Minerai de fer.*	BIG ET NOBBY VEINS.
1 50		
0 08	*Minerai*	
0 75		
0 08	*Minerai*	
0 68		
0 45	HOUILLE.	
5 00	Terre à mine.	
0 15	*Minerai de fer.*	ROSSER-VEIN.
0 96		
0 10	*Minerai*	

DISPOSITION GÉNÉRALE

DES

COUCHES DE RHONDDA-VALLEY.

ÉPAISSEUR.	DÉSIGNATION DES COUCHES.
m.	
	Roche siliceuse, avec blocages.
1 85	Schiste carbonaté.
0 73	HOUILLE. — DARREN-DDU-VEIN.
1 20	Schiste.
0 20	HOUILLE.
4 50	Argile réfractaire et schiste bleu.
60 00	Roche siliceuse bleue.
5 50	Quarz conglomeré, tournant graduellement au roc blanc siliceux. — Nappes d'eau.
0 76	HOUILLE.
3 35	Argile réfractaire d'excellente qualité.
13 65	Roche siliceuse bleue, avec des lits de bonne argile.
1 85	Schiste bleu dur (clod).
0 48	HOUILLE, couche de basset.
12 75	Argile réfractaire, schiste contenant du *minerai de fer*.
32 00	Roche siliceuse bleue des carrières de Gyfeillon et de Berw.
1 20	
1 00	N° 1. — HOUILLE. — Veine de GYFEILLON.
3 65	Argile réfractaire contenant des nodules.
7 40	Schiste contenant des poches de *minerai*.
0 10	HOUILLE.
0 13	Couche noire.
	Schiste bleu.
0 90	HOUILLE. — DARREN-YR-ISTIN.
0 60	Argile réfractaire.
0 60	Rocher contenant une couche noire de 10 centimètres, et près de celle-ci une couche de *minerai*.

ÉPAISSEUR	DÉSIGNATION DES COUCHES.
m.	
27 00	Roche siliceuse bleue, avec des joints grossièrement indiqués vers le bas.
0 75	Houille. — Couche de BERW.
2 30	Argile réfractaire.
0 23	Couche de grès blanc.
7 50	Rocher alternant avec une roche siliceuse gris foncé.
1 00	N° 2. — Houille. — Veine de GELLIWYON ou de CIMMER.
5 50	Argile réfractaire contenant de plus en plus de schiste à mesure qu'elle descend.
	N° 2. — Houille plus basse RED-ASH.
11 00	Argile réfractaire, schiste et rocher.
0 50	Couches de Houille se montrant sur le côté nord, rarement sur le côté sud.
6 35	Schiste, etc.
9 15	Roche blanche, siliceuse et dure, appelée le « Cockshat »
7 50	Schiste bleu et rocher.
0 30	Couche de Houille.
1 83	Argile réfractaire très bonne.
18 30	Roche siliceuse noire alternant parfois avec de la craie dure.
1 17	N° 3. — Houille. — Veine de CALVERT.
1 83	Argile réfractaire, avec nodules de *minerai*.
90 00	Abergorky.
155 00	Idem jusqu'au 4 feet.

Note sur les locomotives du chemin de fer Bavarois de Sarrebruck à Manheim

PAR

M. Jules GAUDRY.

Le chemin de fer Bavarois, qui vient près de Forbach continuer une des branches du chemin de fer français de l'Est, a un matériel de traction intéressant par son admirable exécution et par les différences que ses types offrent avec les nôtres. Les croquis qui figurent planche 7 en font connaître les dispositions principales. Le dernier représente la machine à marchandises; nous lui consacrerons ci-après notre attention spéciale : car, par sa force et son agencement général, elle s'écarte entièrement de nos habitudes françaises.

Les trois autres types appartiennent à la classe des locomotives mixtes; depuis le type n° 1, qui, avec ses roues de 1^{m}.25, a constitué longtemps la machine à marchandises, jusqu'au type n° 3, qui est celui des machines à grande vitesse et est pourvu de roues motrices de 6 pieds, toutes ces locomotives sont à mouvement extérieur et à quatre roues couplées. Les roues réunies à l'essieu moteur sont toujours celles d'arrière; dans les machines à grande vitesse seules, celles-ci sont reportées derrière le foyer; dans les autres, les trois paires de roues sont entre la boîte à feu et la boîte à fumée.

Dans toutes ces locomotives, on retrouve une installation des ressorts de suspension répartissant également la charge sur les quatre roues d'arrière par l'intermédiaire de balanciers latéraux, qui paraît généralement adoptée en Allemagne et que les croquis indiquent suffisamment.

Toutes ces machines se distinguent également par l'étendue de leur surface de chauffe, leur longueur de tubes et de foyer; cette dernière particularité s'explique par la qualité du coke, qui est généralement léger, et dont la combustion en grande masse paraît notablement avantageuse. Les boîtes à feu sont surmontées de l'ancien dôme pyramidal de Stephenson dans toutes les machines, sauf dans le type n° 2; et, sauf pour les machines à grande vitesse n° 3, ces foyers sont toujours en porte-à-faux malgré leur poids énorme.

Les pièces du mouvement sont en acier fondu et réduites à une faiblesse de dimensions dont nos machines françaises n'offrent pas d'exemple. Le travail de construction est exécuté dans les moindres détails avec une perfection égale à celle qui a été remarquée, à l'Exposition universelle de 1855, dans la locomotive de Borsig. C'est des ateliers de ce constructeur que sont sorties toutes les machines du chemin de fer de Sarrebruck, moins celles du type 2, qui ont été construites par Woehlert, de Berlin.

La première machine livrée au chemin de Sarrebruck, en 1852, par Borsig, porte le n° 397. La dernière, livrée en 1856 au même chemin, porte le n° 724; ce qui fait 331 machines sorties de ces ateliers en 4 ans, soit 82 machines par an. Entre le n° 724 et la machine de l'Exposition qui portait le n° 600, il y en a 124 construites en moins de 15 mois. Les œuvres d'un constructeur qui suffit à une pareille production ne sauraient être trop sérieusement étudiées.

Je crois donc devoir entrer dans l'examen détaillé de la machine à marchandises, type n° 4, de Sarrebruck; car elle semble prendre le contre-pied de toutes nos habitudes françaises, et être une

espèce de défi porté à l'Engerth. Lorsque j'en ai entretenu la Société il y a quelques mois, elle n'avait été encore qu'essayée et ne pouvait avoir qu'un intérêt de curiosité; aujourd'hui elle compte de longs états de service.

Le programme proposé au constructeur demandait une machine pouvant remorquer 65 wagons chargés, à la vitesse maxima de 4 milles à l'heure sur un parcours accidenté, dont les rampes atteignent souvent $5^{m}/_{m}$, et où les plus petites courbes ont 800 à 1,000^{m}. de rayon. Contrairement aux autres machines composant déjà le matériel de la ligne, et qui, toutes, ont un tender à leur suite, les nouvelles locomotives à marchandises, destinées à un assez court trajet, devaient porter leur approvisionnement et constituer des *machines-tender*.

Chaque machine complète a été payée 19,200 écus prussiens, soit 72,000 fr., ce qui représente environ 2 fr. 25 le kil., en estimant, par approximation, à 32 tonnes le poids de la machine vide. Voici les particularités qui la distinguent dans l'agencement.

Comme dans la locomotive de Borsig à l'Exposition de 1855, la boîte à feu, le corps tubé et la boîte à fumée forment, suivant l'ancien type Stephenson, trois corps distincts réunis par des cornières.

A l'ancien type de Stephenson aussi, la nouvelle machine a emprunté la boîte à feu en dôme pyramidal, aux proportions monstrueuses, qu'on signalait déjà dans la locomotive de l'Exposition de 1855. La consolidation intérieure de ce dôme mérite d'être mentionnée: 8 étriers suspendent le foyer en cuivre au haut du dôme, 22 tirants transversaux sur 3 rangs, et 23 tirants longitudinaux sur 2 rangs, relient les parties planes de celui-ci. Si on leur ajoute les 12 armatures d'attache des tirants, les 8 armatures du ciel de foyer et les 633 entretoises, plus le couronnement supérieur du dôme et le cadre inférieur du foyer, formé d'une simple bande de cuivre, emboutie en S, on compte en tout, dans la boîte à feu, 692 pièces de consolidation, non compris les rivets. Et, ce qui est

effrayant pour les constructeurs, les Compagnies, les ingénieurs responsables, les chefs d'ateliers et de dépôts, c'est que, d'après une jurisprudence nouvelle de certains tribunaux, les accidents dus à la rupture d'une seule de ces pièces peuvent donner lieu même à de sévères condamnations.

A la forme du cadre de foyer, inusitée en France, nous ajouterons l'habitude que conserve systématiquement M. Borsig, de viroler par de très fortes bagues les tubes, même dans la boîte à fumée. Les 209 tubes, placés en quinconce sur 16 rangs, remplissent le corps tubé d'une manière non moins inusitée chez nous, et il y a 14 tubes dans le bas, que peu de nos ingénieurs laisseraient sans doute, mais que la pureté des eaux, m'a-t-on dit, et la faible quantité de tartre déposée, ont sans doute autorisé M. Borsig à conserver. D'ailleurs, grâce à l'existence des deux dômes sur la chaudière, la chambre de vapeur a le volume ordinaire des bonnes machines françaises.

Contrairement à notre pratique encore, les entrées de l'eau alimentaire envoyée par les pompes sont placées sous la chaudière, côte à côte, près de la boîte à fumée, mais facilement abordables; ce système est souvent pratiqué en Allemagne.

On remarque, en outre, que tous les tubes dépendant des pompes alimentaires sont munis, comme celles-ci, de robinets de vidange en si grand nombre et si bien placés, qu'il n'y peut vraiment pas séjourner une goutte d'eau susceptible de geler en hiver.

La machine est destinée à brûler de la houille crue, ainsi qu'il se pratique sur la ligne de Manheim dans tout le service des marchandises; le foyer est muni dans ce but de la grille *Marsilly et Chobrzinski*, à 10 gradins, formant un angle de 30 degrés, suivi de 3 barreaux ordinaires transversaux.

La locomotive est munie d'un petit cheval alimentaire, outre les 2 pompes du mécanisme. Sa place, sur le flanc de la boîte à feu, et son système, sont les mêmes que dans la machine de l'Exposition. L'usage du petit cheval est général sur toutes les machines de

la ligne de Manheim, et, dit-on, sur tous les chemins royaux de Prusse, Bavière, etc.

Dans la disposition générale du mécanisme, on remarque d'abord que les cylindres à vapeur, les bielles motrices et de connexion sont en dehors, l'essieu moteur n'étant pas coudé; le mécanisme de distribution et des pompes est entre les longerons, lesquels sont appliqués contre la chaudière en dedans des roues. Les longerons des locomotives allemandes, ainsi que ceux des tenders, sont généralement des pièces très ouvrageuses; la dimension primitive des planches de fer et la complication du découpage doivent en rendre le prix de fabrication assez élevé. Ce qui n'est pas moins singulier est la faiblesse d'attache des cylindres sur les longerons, comparativement à ce qu'elle est dans nos machines française; on a déjà constaté ce fait à l'Exposition de 1855. Quant à la locomotive n° 724, de Borsig, les cylindres sont fixés sur les longerons, chacun par 12 boulons de 28 millimètres de diamètre, sur un empatement de 28 centimètres de large; un cadre en tôle les entretoise en bas, et les longerons eux-mêmes sont maintenus en cette partie par la boîte à fumée, prolongée comme dans les anciennes locomotives.

Dans nos Engerth du Nord et de l'Est, la rigidité des cylindres ne s'est pas trouvée suffisante avec un quadruple cadre des plus fortes tôles et plus de 30 boulons d'attache; des cylindres de Crampton ont remué, malgré leurs 16 boulons d'attache entre 2 longerons bien entretoisés. Dans leurs dernières locomotives à voyageurs de Lyon et de l'Est, divers constructeurs n'ont pas craint de multiplier les tôles d'entretoisement et les boulons ou rivets d'attache deux et trois fois plus que Borsig dans sa locomotive n° 724, l'une des plus fortes qu'on ait construites. La même faiblesse dans l'attache des cylindres est relativement générale dans ses machines, et cependant on affirme partout qu'on ne se plaint pas que les cylindres aient manqué de rigidité; ne le doit-on

qu'à la perfection du travail ou bien aux conditions d'un service moins fatigant pour les machines que chez nous? Il y a, sans doute, la réunion de ces deux causes dans la conservation du matériel bavarois.

Pour la distribution de la vapeur aux cylindres, la machine possède, outre la coulisse ordinaire (type Crampton), une détente variable par organe spécial qui rappelle le système connu sous le nom de détente Gumzenbach.

Quant à la suspension par ressorts accouplés, nous en avons déjà parlé ci-dessus.

Le frein est, de toutes les dispositions de la machine en question, la plus contraire à nos usages; ce frein est à vapeur et à pression directe sur les rails, suivant le système Laignel. Le moteur consiste en un cylindre où la vapeur, venant de la chaudière par un tube muni d'une valve, vient presser un piston. C'est le principe du frein Guérard, présenté à la Société il y a quelques années, et du frein de M. Flachat dans les locomotives d'Auteuil. Le cylindre à piston est sous la chaudière, au-dessus des sabots, entre les roues d'arrière et du milieu, chargées ensemble de plus de 31 tonnes.

Pendant que M. Borsig et les constructeurs allemands donnent une force très grande à certaines pièces accessoires, telles que les collets, les brides, etc., on est frappé de la petite étendue des surfaces frottantes; ainsi, les patins de la crosse du piston entre les glissières n'ont que 250 centimètres carrés de surface dans la grosse machine n° 724; cette proportion est dépassée dans beaucoup de nos machines françaises à cylindres de 38 centimètres.

Mais, de tous les agencements de cette locomotive, celui qui surprendra peut-être le plus est le porte-à-faux énorme des extrémités de la machine, celle-ci n'étant portée que sur 3 paires de roues placées entre la boîte à feu et la boîte à fumée. On remarque aussi avec étonnement la charge de 13 à 15 tonnes qui repose sur

chacune de ces 3 paires de roues. Pour supporter ces charges, les cercles de roues sont en acier Krupp, et, pour terminer par un renseignement sur l'emploi de ces cercles, je dirai que, sur la ligne de Manheim, on ne craint pas de les employer réduits à 18 et 20 millimètres seulement d'épaisseur sous des machines à voyageurs à deux essieux couplés, qui pèsent environ 30 tonnes en marche.

Il nous reste à donner le tableau des principales dimensions des quatre types de machines dont les croquis figurent sur la planche 7.

DIMENSIONS COMPARÉES DES LOCOMOTIVES DE LA LIGNE DE SARREBRUCK A MANNHEIM.

	1 BORSIG mixte.	2 WOELHERT mixte.	3 BORSIG grande vitesse	4 BORSIG marchandises
Pression de la vapeur.	7 atm.	7 atm.	7 atm. 1/2	7 atm. 1/2
Diamètre du piston.	0m.405	0m.389	0m.389	0m.457
Course	0m.609	0m.559	0m.559	0m.686
Diamètre de roues couplées . .	1m.256	1m.517	1m.818	1m.260
dito libres. . . .	1m.000	1m.000	1m.150	»
Nombre de tubes	182	184	152	209
Longueur des tubes.	4m.200	4m.280	3m.225	4m.640
Diamètre extérieur des tubes. .	0m.040	0m.040	0m.040	0m.040
Diamètre du corps tubé	»	»	»	1m.308
Longueur du foyer	1m.151	1m.228	1m.256	1m.390
Largeur moyenne du foyer . . .	0m.942	1m.000	0m.929	0m.942
Hauteur au-dessus des barreaux de grille.	»	»	»	1m 540
Surface de chauffe du foyer. . .	»	»	»	6m.700
dito des tubes . .	»	»	»	123m.94
dito totale. . . .	102mq.460	106mq.200	70mq.345	130mq.64
Rapport de la surface des tubes à celle du foyer	»	»	»	1/18
Section du foyer au niveau de la grille.	»	»	»	1m.281
Diamètre de la cheminée. . . .	»	»	»	0m.571
Volume de vapeur dans la chaudière y compris les dômes . .	»	»	»	2300l
Volume d'eau dans le réservoir.	»	»	»	4050l
Poids de coke dans les soutes. .	»	»	»	15 0k
Entre-axes des roues extrêmes .	3m.353	3m.268	4m.260	3m.426
Longueur totale de la machine .	»	»	»	9m 900
Hauteur, au-dessus du sol, de l'axe du corps de chaudière . .	»	»	»	1m.850
Hauteur, au-dessus du sol, du sommet du dôme	»	»	»	3m.600
Hauteur, au-dessus du sol, de la cheminée	4m 132	»	4m.380	4m.380
Poids de la machine en marche.	28t.750	»	29. 400	44. 300
Soit sur les roues d'avant . .	6 . 000	»	9 . 650	13 . 000
dito du milieu . .	11 . 650	»	10 . 050	15 . 750
dito d'arrière. . .	11 . 100	»	9 . 700	15 . 550

...es du chemin de fe...
...ebruck à Manheim...
...onstruites par
... et Hoehlert à Berlin

Fig. 5.

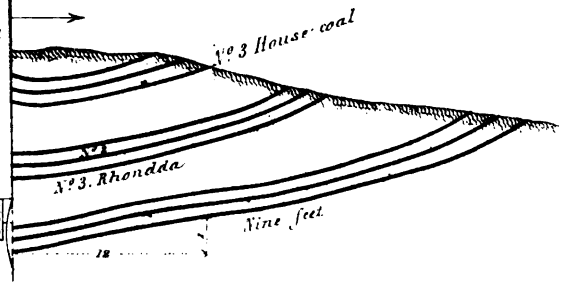


Fig. 7.

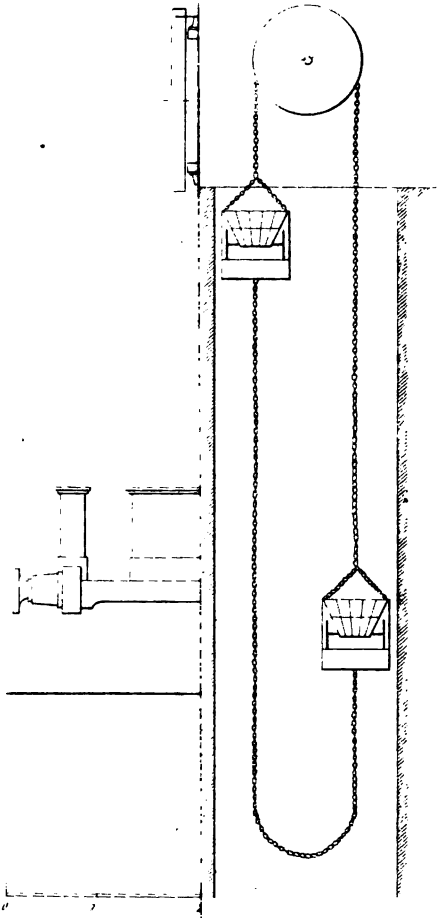


Fig. 8.

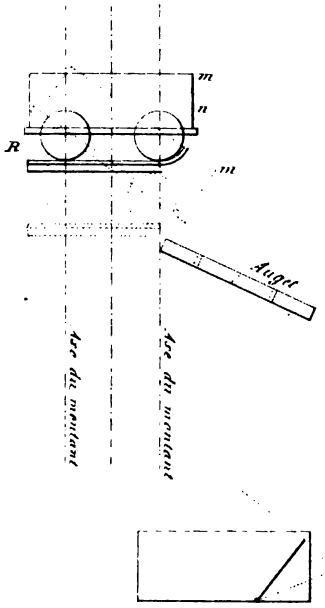
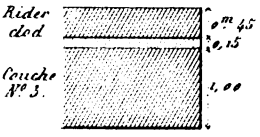


Fig. 9.



Etabl.t de E. Hoehlet, Editeur.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS

(Octobre, Novembre et Décembre 1858)

N° 4

Pendant ce trimestre on a traité les questions suivantes :

1° Percement de l'isthme de Suez, communication de M. A. Barrault (Voir le résumé de la séance du 1er octobre, page 277).

2° Changement de voie dit indéraillable, par M. Poiret (Voir le résumé de la séance du 15 octobre, page 293).

3° Nouveau système de voie établie sur longrines creuses en fer, par M. Barroux (Voir les résumés des séances des 15 octobre et 19 novembre, pages 294 et 304).

4° Appareil dit perforateur ou excavateur, pour percer les tunnels dans la roche (Voir le résumé de la séance du 15 octobre, page 297).

5° Procédé employé pour diviser certains métaux au moyen de la force centrifuge, par M. Baudoin (Voir le résumé de la séance du 5 novembre, page 297).

6° Réservoirs d'eau à fond sphérique en tôle du chemin de fer du Midi, par M. Richoux (Voir le résumé de la séance du 5 novembre, page 298).

7° Construction des ponts en arc, par M. Bertot (Voir le résumé de la séance du 5 novembre, page 298).

8° Explosion d'une machine locomotive, par M. Gaudry (Voir le résumé de la séance du 19 novembre, page 305).

9° Application des presses hydrauliques à la fabrication du fer et aux travaux de forge et de chaudronnerie en général, par M. Benoit Duportail (Voir le résumé de la séance du 19 novembre, page 309).

10° Compte rendu du Traité de la construction des chemins de fer, de M. Emile With, par M. E. Barrault (Voir le résumé de la séance du 3 décembre, page 312).

11° Compte rendu de l'ouvrage de M. le général Poncelet, intitulé : Rapport fait au jury international de l'Exposition de Londres, sur les machines-outils employées dans les manufactures, par M. Alcan (Voir le résumé de la séance du 3 décembre, page 313).

12° Exposé de la situation financière de la Société (Voir le résumé de la séance du 17 décembre, page 314).

13° Elections des membres du bureau et du Comité (Voir le résumé de la séance du 17 décembre, page 315).

BUREAU.

Président : M. Faure (Auguste) ✻.

Vice-Présidents : MM. Vuigner (Emile) O ✻.
Nozo (Alfred) ✻✻.
Alcan (M.) ✻.
Petiet (Jules) O ✻✻✻✻.

Secrétaires : MM. Ser (L.).
Peligot (Henri).
Guillaume.
Benoit Duportail.

Trésorier : M. Loustau (Gustave) ✲.

COMITÉ.

MM. Degousée Ⱥ.
Barrault (Alexis) ✲.
Laurent (Charles).
Salvetat ✲.
Forquenot.
Thomas (Léonce) ✲.
Yvon-Villarceau ✲✲.
Alquié.
Callon (C.) ✲.
Chobrzynski ✲.

MM. Flachat (Eugène) O ✲ ✲.
Bergeron.
Polonceau (C.) O ✲.
Mathias (Félix) ✲✲✝✲.
Laurens ✲.
Molinos (Léon).
Yvert (Léon).
Houel ✲.
Trélat (Emile) ✲.
Breguet ✲.

Pendant ce trimestre, la Société a reçu :

1° De M. Armengaud jeune, membre de la Société, un exemplaire de son Formulaire de l'ingénieur-constructeur, et un exemplaire de son Guide-Manuel de l'inventeur et du fabricant ;

2° Du journal *The Engineer*, les numéros d'octobre, novembre et décembre 1858 ;

3° De M. Desnos, membre de la Société, les numéros d'octobre, novembre et décembre 1858, du journal *L'Invention* ;

4° Du Cercle de la Presse scientifique, le bulletin des séances des 13, 20 et 27 septembre 1858 ;

5° De M. Noblet, éditeur, un exemplaire de la 4e livraison de la Revue universelle des mines et de la métallurgie ;

6° De la Société d'encouragement, un exemplaire de son bulletin des mois d'août, septembre et octobre 1858 ;

7° Des *Annales des Conducteurs des Ponts et chaussées*, un exemplaire de leur bulletin des mois de septembre, octobre et novembre 1858 ;

8° Des *Annales forestières et métallurgiques*, un exemplaire de leur bulletin des mois de septembre, octobre et novembre 1858.

9° De la Société d'agriculture de l'Aube, un exemplaire de son bulletin des 1er et 2e trimestres 1858 ;

10° Des *Annales des Ponts et chaussées*, le numéro de juillet et août 1858 ;

11° De M. Dormoy, un exemplaire d'une Note sur le graissage à l'huile appliqué aux véhicules des chemins de fer ;

12° De M. Oppermann, les numéros d'octobre et novembre des *Nouvelles Annales de la construction*, et du *Portefeuille économique des machines* ;

13° De la Société impériale et centrale d'agriculture, un exemplaire de son dernier bulletin.

14° Des *Annales télégraphiques*, un exemplaire de son bulletin de septembre et octobre 1858 ;

15° De M. Benoît Duportail, membre de la Société, un mémoire sur l'application des presses hydrauliques à la fabrication du fer et aux travaux de forge et de chaudronnerie en général ;

16° De M. Richoux, membre de la Société, une Note sur les réservoirs à fond sphérique du chemin de fer du Midi ;

17° De M. Armengaud aîné, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur les eaux de Seine amenées directement au château de Saint-Cloud ;

18° De M. Léon Malo, membre de la Société, un exemplaire d'une Note sur les embellissements de la ville de Bordeaux ;

19° De M. César Daly, les numéros 3, 4, 5 et 6, de la *Revue d'architecture* ;

20° De M. Noblet, éditeur, les 44e, 45e, 46e et 47e livraisons du *Portefeuille de John Colcrill* ;

21° De la Société des ingénieurs autrichiens, le numéro 8 de leur Revue ;

22° De la Société de l'industrie minérale de Saint-Etienne, un exemplaire de son bulletin du 3e trimestre 1858;

23° De M. J. Gaudry, membre de la Société, un Mémoire sur l'explosion d'une machine locomotive;

24° De M. Thomé de Gamond, membre de la Société, un exemplaire de l'Exposé de la question du percement de l'isthme de Panama par le canal de Nicaragua;

25° Des *Annales des Mines*, la 3e livraison de 1858.

26° De la Société des ingénieurs civils de Londres, le résumé des séances des 9 et 16 novembre 1858;

27° De M. Emile Barrault, membre de la Société, un exemplaire de sa brochure sur les marques de fabriques;

28° De M. H. Bochet, ingénieur des mines, un exemplaire de son Mémoire sur le frottement de glissement spécialement sur les rails des chemins de fer;

29° De M. Tronquoy Camille, membre de la Société, un exemplaire d'une brochure sur les dimensions et poids des fers spéciaux, et un tableau donnant le moment de résistance des poutres en double T (Extrait des notes laissées par M. Lepélerin).

Les Membres nouvellement admis sont les suivants :

Au mois d'octobre,

MM. Bruère, présenté par MM. Eugène Flachat, de Regel et Jacquin.

Burel, présenté par MM. Eugène Flachat, Daguin et Armengaud jeune.

Gil-Claudio, présenté par MM. Eugène Flachat, Chabrier et Adolphe Flachat.

Dinan, présenté par MM. Eugène Flachat, Loustau et Alquié.

MM. Reymond, présenté par MM. Faure, Ser et Peligot.

Sambuc, présenté par MM. Faure, Marle et Lefèvre.

Au mois de novembre,

MM. Desbrière, présenté par MM. Eugène Flachat, Mony et Degousée.

Brull, présenté par MM. Petiet, Loustau et Nozo.

Muller Alfred, présenté par MM. Callon, Alquié et Donnay.

Pollet, présenté par MM. Pronnier, Richoux et Tronquoy.

RÉSUMÉ DES PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

PENDANT LE 4e TRIMESTRE DE L'ANNÉE 1858.

SÉANCE DU 1er OCTOBRE 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

M. A. BARRAULT expose la situation des discussions relatives au percement de l'isthme de Suez. Il rappelle l'association formée entre MM. R. Stephenson, Talabot et Negrelli, pour étudier à leurs frais et risques ce percement; comment, après avoir établi par leurs recherches que le niveau des deux mers était le même, ils ont, tous trois, renoncé à leur projet et liquidé leur association; que, postérieurement, M. F. de Lesseps a accepté le projet des ingénieurs du pacha d'Égypte, se bornant au percement de l'isthme dans la direction de Suez à Péluse; qu'à ce projet M. Talabot en a opposé un autre ayant pour but d'assurer à la fois trois conditions essentielles : 1° un courant dans le canal par les eaux du Nil; 2° la fertilisation, par ces eaux et le transport de leur limon, du vaste territoire, autrefois en pleine végétation, que les sables ont depuis rendu aride; et enfin 3° d'un port assuré contre l'invasion du delta du Nil, que les vents et les courants transportent depuis dix siècles vers l'est, le long des côtes de l'Égypte.

Il ajoute que lui-même a proposé des modifications au projet de M. Talabot, mais en partant du même principe; que ce projet, pas plus que celui de M. Talabot, n'a été sérieusement ni contradictoirement discuté; que le projet de tracé actuel, tracé essentiellement basé sur des considérations politiques auxquelles l'Europe est indifférente, compromet le succès de l'entreprise en lui ôtant les ressources les plus importantes que les capitaux puissent en tirer;

Que la discussion technique est loin d'être épuisée, qu'elle est à peine effleurée; mais que, dans des questions d'une telle gravité, les auteurs de projets rivaux doivent s'abstenir de toute opposition, afin de ne pas arrêter l'élan que M. F. de Lesseps a su, avec une habileté digne du plus

grand éloge, imprimer à l'Europe entière, pour la réalisation de ce vaste projet.

Néanmoins, répondant à l'appel qui lui a été fait par le président de la Société pour qu'il rendît compte de la discussion qu'a fait naître, entre MM. Negrelli et Stephenson, l'attaque du premier de ces deux ingénieurs, il détachera des questions personnelles la valeur et les conséquences techniques de cette discussion.

Il présente l'analyse de ces documents : ils se composent d'une lettre de M. Negrelli, rendue publique par la voie de la presse autrichienne, et de la réponse de M. Stephenson.

LETTRE DE M. DE NEGRELLI, *adressée au rédacteur de* La Gazette autrichienne, *et publiée le* 18 *juin* 1858.

« Monsieur,

« Dans la discussion qui s'est produite au sein du Parlement anglais le 1er juin, M. R. Stephenson affirma, au sujet du canal de Suez, qu'en 1847, une commission composée d'un Français, d'un Autrichien et de lui, avait démontré l'impossibilité de ce projet.

« L'année dernière, j'avais l'intention de réfuter les assertions émises publiquement par mon honorable ami au sujet de l'opinion des ingénieurs autrichiens; mais M. Paléocapa me prévint; sa réfutation fut si complète, que je m'en contentai, ainsi que d'autres membres de la commission internationale, et je signai sa note. J'espérais de mon honorable ami d'Angleterre une réponse s'appuyant sur des considérations techniques.

« Mais, à l'étonnement de tous ceux qui s'occupent du canal, malgré l'intérêt inspiré par une si grande, si importante et si utile entreprise, cette réponse ne fut jamais faite par l'honorable membre de la Chambre des communes. M. Stephenson se contenta de répéter ses assertions dans la séance du 1er juin.

« Il est nécessaire cependant, dans l'intérêt de la vérité, d'exposer les faits réels de cette affaire, et à cette occasion je crois utile de rafraîchir la mémoire de M. Stephenson. Je prends donc la liberté de lui rappeler qu'entre nous (l'Autrichien Negrelli, le Français Talabot et l'Anglais Stephenson), il n'a été question, ni en 1847, ni plus tard, du canal de Suez. La seule fois que j'en parlai à M. Stephenson, ce fut à Paris, le 30 novembre 1846, époque à laquelle nous conclûmes un traité par lequel je devais entreprendre l'exploration de la baie de Péluse et des côtes de Tinah.

« M. Talabot se chargeait du nivellement de l'isthme et M. Stephenson de l'exploration du golfe de Suez; ce traité contenait d'autres stipulations, toutes adoptées par M. Stephenson. A cette époque, il semblait avoir confiance dans l'utilité et les profits à venir du canal, et ne regardait pas comme absurde le percement de l'isthme. Que le canal n'ait pas une chute

de 30 pieds, cela ne fait rien à la question; pour ma part, je considère comme plus favorable à la navigation un canal horizontal qu'un canal avec une chute, et j'ai trouvé que tous les canaux avec une chute doivent être munis de barrages pour en modérer l'effet. Je crois heureux qu'il n'y ait pas de différence de niveau entre les deux mers, et je pense que cette circonstance facilitera considérablement la construction d'un canal libre.

« En 1847, nous envoyâmes, M. Talabot et moi, des ingénieurs en Egypte, et nous adressâmes les résultats de leurs nivellements à la commission, à Paris. M. Stephenson n'envoya personne en Egypte, et se contenta de soumettre, sans observations explicatives, quelques cartes géographiques gravées de la mer Rouge.

« Nous étions convaincus qu'on ne devait attacher d'importance aux résultats des études des ingénieurs français et autrichiens qu'autant qu'ils auraient été confirmés par l'expérience des ingénieurs en chef Negrelli, Talabot et Stephenson.

« Au mois de janvier 1848, nous convînmes donc d'aller ensemble en Egypte dans le mois de mars suivant, et de délibérer, après examen des lieux, sur la possibilité et les détails du projet. Tous les préparatifs du voyage étaient faits, lorsque survinrent les événements de février : on renonça au voyage, et depuis cette époque il n'y eut plus d'entrevue entre les trois ingénieurs ; ils se rencontrèrent, il est vrai, à Paris, en août 1855, mais pas un mot ne fut prononcé au sujet du canal.

« Pendant ce temps, M. Bourdaloue, chef de la brigade des ingénieurs français, publia ses nivellements, et, comme ils concordaient avec ceux de la brigade autrichienne, toute personne que ce sujet intéressait put préparer un plan pour l'exécution du projet. M. Stephenson se rendit, il est vrai, en Egypte sans consulter ses collègues, non pas au sujet du canal, mais dans l'intention d'entrer en négociations avec le gouvernement pour l'exécution d'un chemin de fer d'Alexandrie au Caire ; et à cette occasion M. Stephenson peut bien avoir traversé le désert entre Le Caire et Suez, mais, s'il en est ainsi, il ne peut avoir vu que la partie de l'isthme voisine de Suez. Cependant, notre honorable ami prétend avoir traversé à pied l'isthme dans toute son étendue entre les deux mers. Or, en Egypte, où les préparatifs d'un voyage dans le désert attirent toujours l'attention, personne n'a entendu parler de cette excursion de M. Stephenson, et sa dernière assertion devant le parlement, dans laquelle il prétend qu'il faudrait creuser sur une longueur de 80 milles anglais, confirme l'opinion générale qu'il n'a jamais traversé l'isthme, car, dans ce cas, il aurait remarqué les bassins des Lacs Amers et du lac Timsah, qui n'auront jamais besoin d'être creusés, ce qui diminuera le chiffre énoncé par M. Stephenson et facilitera énormément l'exécution du canal.

« Les ingénieurs du vice-roi d'Egypte prirent part aux travaux de la brigade française et eurent en leur possession les résultats. Ils répétèrent les nivellements en 1853 et arrivèrent aux mêmes conclusions. A la fin de ces travaux, ils dressèrent un avant-projet pour le percement de l'isthme, puis la concession fut donnée à M. F. de Lesseps en 1854.

« M. Talabot publia un plan dans lequel, abandonnant l'idée de l'union

directe des deux mers, il proposait de creuser un canal de Suez au lac Timsah, et de là à travers l'Ouadée-Toumilat, en traversant le Nil à Alexandrie.

« Pour ma part, je considérais comme favorables à l'union des deux mers les résultats des reconnaissances qui avaient été faites; les deux mers étant au même niveau, les écluses n'étaient plus nécessaires. Cependant, je réservais mon opinion jusqu'à ce qu'elle fût confirmée par des explorations nouvelles et des sondages qu'on devait faire. Lorsque l'exploration faite dans le mois de décembre 1855 par la commission internationale fut terminée, je fus convaincu de la facilité d'exécution du canal et de la possibilité de construire des entrées et des ports aux deux extrémités du canal, dont ferait partie le lac Timsah.

« Aussitôt que les études entreprises dans le désert et dans les deux golfes furent achevées, je me prononçai en faveur de l'union directe des deux mers par un canal libre. Je ne puis admettre l'opinion de mon honorable ami d'Angleterre, qu'un canal sans courant deviendra un fossé dans lequel les eaux seront constamment stagnantes. Ce grand bassin dans l'intérieur des terres formera une surface d'eau considérable, et conservera, comme tous les lacs intérieurs, un mouvement continuel. La différence entre les marées des deux mers communiquera au canal l'agitation que ces mers elles-mêmes possèdent.

« Le canal ne peut être considéré que comme la continuation des deux mers, et comme un bassin dans lequel elles viennent se joindre.

« Si mon honorable ami veut bien regarder par les fenêtres de l'édifice dans lequel il a développé des connaissances hydrauliques aussi singulières, il verra que le reflux de la Tamise jusqu'à Windsor est dû à l'agitation que la marée produit dans la rivière. Quoique Windsor soit à une certaine distance de la mer, l'influence de la marée se fait régulièrement sentir. La Méditerranée et la mer Rouge agiteront de la même manière le canal de Suez; les eaux monteront, puis se retireront; en un mot, elles participeront de tous les mouvements de la mer. Le canal, je le répète, est plutôt le prolongement des deux mers, dont la rencontre se fera dans les Lacs Amers, et il sera constamment alimenté par elles. Cette agitation se manifeste dans tous les canaux qui communiquent avec la mer; le lac Menzaleh, qu'alimente la Méditerranée, pénètre à une grande distance dans l'intérieur du pays sans devenir stagnant.

« Mon honorable ami peut comprendre qu'il ne trouvera chez *l'Autrichien* aucun appui pour son opinion, et que ce dernier ne renonce pas à cette conviction, formée après des études sérieuses, que le percement de l'isthme de Suez, en vue d'établir un canal maritime pour unir les deux mers, serait d'une exécution facile au point de vue technique.

« NEGRELLI, *ingénieur*. »

Réponse de M. STEPHENSON.

Au rédacteur de *La Gazette autrichienne.*

« Monsieur,

« *La Gazette autrichienne* a publié le 18 juin dernier une lettre signée du chevalier de Negrelli, ingénieur, au sujet d'un discours que j'ai prononcé le 1er juin au Parlement, dans le cours d'une discussion relative au canal de Suez. Longtemps j'avais considéré comme plus digne de moi de laisser passer les assertions diverses, anonymes ou autres, publiées à ce sujet. Mais la lettre de M. de Negrelli, avec lequel je fus associé lors des premières investigations sur la possibilité pratique de percer l'isthme, et qui, discutant les opinions que j'ai émises devant le Parlement, s'est, pour la première fois, déclaré en désaccord avec moi sur les faits et sur les conclusions, me force absolument à faire connaître les faits relatifs à cette affaire et les raisons sur lesquelles repose mon opinion.

« Dans l'année 1846, mon ami M. Talabot, l'un des ingénieurs français les plus distingués, me pria de vouloir bien m'occuper avec lui d'examiner s'il était possible d'établir à travers l'isthme de Suez un canal maritime.

« Le projet avait été inspiré à M. Talabot par Linant-Bey, ingénieur français qui avait résidé en Egypte pendant plusieurs années. Les documents présentés par Linant-Bey étaient si remarquables que je me décidai à donner ma coopération, dans l'intérêt de la science, et, M. Talabot s'étant assuré, de son côté, le concours de M. de Negrelli, nous entrâmes en arrangement pour faire face aux premières dépenses et aux travaux nécessités par une étude préliminaire.

« La construction d'un canal à travers l'isthme de Suez entraîne l'exécution de deux sortes de travaux distincts : 1° la construction et l'entretien du canal lui-même ; 2° la construction et l'entretien de ports maritimes, avec de vastes entrées pour le canal dans la mer Méditerranée et dans la mer Rouge.

« On pensait généralement que l'ancien canal, dont on voit encore quelques vestiges près de Suez, n'était alimenté ni par la mer Rouge ni par la Méditerranée, mais bien par les eaux du Nil que l'on prenait au Caire. L'histoire apprend, d'ailleurs, qu'Alexandre le Grand, en fondant le port d'Alexandrie sur la branche ouest du delta du Nil, avait été guidé par cette considération : que, le long de la côte est, il existe de l'ouest vers l'est un courant presque constant, entraînant des débris des embouchures du Nil vers la baie de Péluse, et rendant la conservation d'un port profond dans cette baie presque aussi difficile qu'à l'embouchure du Danube ou du Rhône. Mais, d'autre part, Linant-Bey nous faisait voir que les ingénieurs français qui avaient accompagné l'expédition d'Egypte en 1799, sous la direction

de M. Lepère, avaient établi d'une manière satisfaisante que la différence de niveau entre la mer Rouge et la Méditerranée n'était pas moindre de 9m.90. Dans de telles circonstances, il semblait que rien ne devait être plus facile que d'ouvrir un canal et d'établir un courant suffisant de la mer Rouge vers la Méditerranée, avec une vitesse qui, on le pensait, maintiendrait le canal ouvert, tout en le nettoyant et même en nettoyant le port de la Méditerranée. Ce fut, sans aucun doute, sous l'influence de cette différence de niveau que M. Talabot et moi nous nous occupâmes de cette étude, et, comme M. de Negreli ne s'engagea que sur la demande de M. Talabot, il est presque évident que cette considération doit n'avoir pas été sans influence sur sa détermination.

« Ce qui tendrait, d'ailleurs, à confirmer cette opinion, c'est que notre première opération fut de vérifier la différence de niveau admise sur l'autorité de M. Lepère.

« Sous la direction de M. Talabot, un certain nombre d'ingénieurs furent envoyés en Egypte pour faire des nivellements. Ils furent occupés depuis le mois de septembre 1846 jusqu'en janvier 1847. C'est alors que M. Bourdaloue, chef de l'expédition, rendit compte à M. Talabot de ses travaux, d'après lesquels il n'était pas douteux que M. Lepère s'était trompé, qu'il n'y avait pas de différence de niveau entre ces deux mers, et que, par suite, un canal pouvant être nettoyé par les eaux de la Méditerranée ou de la mer Rouge était impraticable, surtout par suite de l'absence de marées dans ces deux mers.

« Muni de ces documents et des nivellements qui lui avaient été remis, M. Talabot fit un rapport qui, aux différents points de vue de l'histoire, de la science ou du génie civil, est le document le plus clair et le plus logique qui ait jamais été publié sur cette question. S'appuyant sur l'absence de différence de niveau entre les deux mers et sur les effets du courant le long des côtes, il concluait que la conservation du canal et d'une entrée dans la baie de Péluse à l'est du delta était une *difficulté insurmontable*, et il arrivait à démontrer que, même en supposant qu'on parvint à établir une entrée du canal dans la baie, la presque-continuité des vents du nord pendant neuf mois de l'année sur cette côte empêcherait les navires d'aborder avec sécurité et de prendre le large, à moins de créer un port de refuge qui empêcherait les bâtiments d'être jetés à la côte; et après avoir fait voir les difficultés d'exécution d'un tel ouvrage, il ajoute :

« Je suis persuadé que, pour construire dans la baie de Tinah une rade « sûre et un canal convenablement disposé, il y aurait autant à dépenser que « pour faire un canal par Alexandrie, et encore la réussite de cette passe ne « serait pas certaine, ou plutôt elle est complétement impraticable. » Enfin, M. Talabot concluait qu'en résumé, on devait « exclure tout projet plaçant « l'une des extrémités du canal dans la baie de Tinah » (Péluse).

« Adoptant pleinement ces conclusions, et regardant le projet comme ne devant pas avoir de suite, puisque l'on avait reconnu la fausseté du point de départ, je payai de mes propres deniers ce que je m'étais engagé à payer (soit le tiers de 4500 livres), et toute correspondance à ce sujet cessa. Plusieurs années après, en août 1855, pendant l'Exposition, j'eus le plaisir

de me rencontrer à Paris en même temps avec M. Talabot et M. de Negrelli; mais le projet du canal de Suez était tellement loin et tellement abandonné, que, M. de Negrelli le dit lui-même dans sa lettre, il n'y eut pas un mot prononcé entre nous à ce sujet.

« Permettez-moi de parler ici d'une question personnelle que M. de Negrelli a beaucoup exagérée. Dans l'automne de 1850, fatigué par le travail d'une année laborieuse, je cherchai à rétablir ma santé et à me récréer par un voyage dans la Méditerranée.

« Arrivé à Alexandrie, je me décidai à faire une reconnaissance personnelle du pays auquel, quatre années auparavant, je m'étais si fort intéressé. Je me dirigeai du Caire vers Suez par la route ordinaire, accompagné pendant quelque temps par le capitaine Lindquist, alors agent de la Compagnie de bateaux à vapeur péninsulaire et orientale, et de là je me dirigeai vers le nord, dans le désert. Je visitai l'emplacement des Lacs Amers (alors secs et désolés), je campai pendant deux jours au lac Timsah, et m'avançai de là par les hauteurs jusqu'au lac Ballah, à pied, car il est difficile de voyager autrement dans une grande partie du désert. De ce point, relativement élevé, je pouvais apercevoir le district avoisinant le lac Menzaleh, qui, lors des crues du Nil, devient une lagune peu profonde s'étendant au loin dans le désert. M'avançant alors vers l'ouest, j'entrai dans l'Ouadée-Toumilat à Salabier, et, suivant la direction de l'ancien canal, je me dirigeai vers Babbies et les ruines de l'ancienne Babastès, visitant les terrains élevés au nord, puis je revins au Caire.

« J'avais employé quinze à seize jours à faire ce voyage, et tout ce que j'avais vu et recueilli dans cette excursion confirmait mes convictions au sujet du canal de Suez et les conclusions du rapport de M. Talabot. A mon retour en Angleterre, je rendis compte de mon excursion, le 20 mai 1851, dans le courant de la discussion d'une note que je lus à la Société des ingénieurs civils, dans laquelle j'établissais nettement mon opinion, « qu'il était « évident que l'on ne pouvait conserver une tranchée ou un canal ouvert, « puisqu'il n'y avait pas de dénivellation entre les deux mers, et que ce « projet était abandonné. »

« Le compte rendu de mon discours se trouve dans les *Minutes des procès-verbaux de la Société des ingénieurs civils* (*Minutes of proceedings of the Institution of civil engineers*), tome X, pages 10 à 13, ouvrage que M. de Negrelli peut se procurer dans les bibliothèques publiques de Vienne. Les circonstances de mon expédition, quoiqu'elle ait été faite sans ostentation, sont bien connues en Angleterre et en Egypte. Je m'étonne donc de ce que je puis appeler l'assurance audacieuse avec laquelle M. de Negrelli insinue dans sa lettre : 1° que je ne suis jamais allé sur les lieux, ou que, si j'y suis allé, j'ai visité seulement la partie de l'isthme près de Suez. « Notre honorable ami, » écrit-il, « prétend avoir traversé à pied l'isthme « dans toute son étendue dans les environs des deux mers; mais en Egypte, « où les préparatifs d'un voyage dans le désert attirent toujours l'attention, « personne n'a jamais entendu parler de celui de M. Stephenson. » Qu'il me soit permis de dire à M. de Negrelli que le sentiment d'honneur qui règne en Angleterre nous préserve de douter de la parole d'un *gentleman* sans

avoir quelque raison pour le faire; et lorsque, sans raison, il insinue que je puis être assez dégradé pour avancer, de propos délibéré, des faits faux et ridiculement absurdes, devant une Société dont j'ai été président, et, sept années après, devant la Chambre des communes d'Angleterre, dont je suis membre, il m'attribue un genre de conduite tout à fait inconnu à *son honorable ami*.

« Ce qui est plus curieux, c'est que mon voyage de 1850 ne fut pas le seul. En 1851, mon yacht fut brûlé à Cowes, ayant à bord tous les échantillons que j'avais recueillis aux Lacs Amers, au lac Timsah et sur les hauteurs du Nord.

« Au printemps de 1854, me trouvant au Caire, j'eus le désir de remplacer ces échantillons, et je partis pour le même pays, sous l'escorte d'un cawas de S. H. le pacha d'Egypte, et fus accompagné jusqu'au lac Timsah par M. Ayton, gentleman anglais résidant au Caire. Dans cette circonstance, je suivis la même route, en la variant toutefois quelque peu, prenant de nouveau connaissance de la configuration du pays et me persuadant de plus en plus de la valeur du rapport de M. Talabot. Je vérifiai par moi-même tous les faits avancés par ce dernier, et, jugeant son rapport les plans en main, je fus convaincu de l'exactitude de ses vues relativement au canal direct à travers l'isthme de Suez.

« Ce fut, je pense, l'année suivante que quelques gentlemen vinrent me trouver à Londres et me proposèrent de reprendre l'affaire du canal à travers l'isthme de Suez. Ils n'avaient aucune raison nouvelle à faire valoir, et dans tout ce qu'ils avaient établi je ne trouvai rien qui pût me donner confiance ou changer mon opinion sur le rapport de M. Talabot et le caractère du projet. Dans l'examen auquel je me livre du grand nombre de projets qui me sont soumis de temps à autre, j'ai toujours refusé de laisser associer mon nom à des entreprises qui entraîneraient mes compatriotes à des souscriptions qui ne me paraissent pas présenter des chances sérieuses de réussite.

« Agissant d'après ce principe, et trouvant que le canal de Suez, ainsi exécuté, n'est pas une entreprise sûre, je refusai de prendre part à l'affaire. Je communiquai cette résolution d'une manière convenable et courtoise aux promoteurs du projet. J'ignore pourquoi ma persistance les a autant offensés.

« Depuis quelques années j'ai été poursuivi par ces personnes, dans les journaux qu'elles payent, d'attaques hebdomadaires s'adressant à mon caractère privé et professionnel; mais, comme je l'ai dit déjà, j'avais cru plus digne de laisser sans réponse de telles attaques, sachant d'où elles venaient; elles me semblaient partir de trop bas pour être relevées; en aucun cas elles n'auraient appelé mon attention, et c'est seulement parce que je trouve un ancien collaborateur ligué avec mes assaillants, que je crois nécessaire de relever les erreurs commises.

« M. de Negrelli dit dans sa lettre : « Je considère, pour ma part, le « résultat des études (de M. Talabot) comme favorable à l'union directe « des deux mers; l'égalité de niveau rendra inutile la construction d'é- « cluses; cependant, ajoute-t-il, je gardai mon opinion jusqu'à ce que mes

« idées fussent confirmées », ce qui n'arriva qu'après le mois de décembre 1855.

« Que M. de Negrelli déclare maintenant qu'il se prononce en faveur de l'union directe des deux mers par un canal libre, il a le droit d'avoir son opinion; je regrette seulement qu'il ne me reconnaisse pas le même droit. Mais, quelle que soit cette opinion, je remarquerai que la peine que prend M. de Negrelli pour fixer la période pendant laquelle il s'est abstenu de la faire connaître, jusqu'au jour où il s'est prononcé, semble digne de remarque. M. de Negrelli réserve son opinion depuis l'achèvement des expériences de M. Talabot, en janvier 1847, jusqu'après le mois de décembre 1855 (soit janvier 1856), c'est-à-dire pendant neuf longues années. Pendant tout ce temps, et même jusqu'au moment où il vous adresse sa lettre, il permet à ses anciens collaborateurs et au monde entier de penser qu'il est d'accord avec M. Talabot et que, comme M. Talabot et moi, il a abandonné le projet; lors même que nous nous rencontrons à Paris en 1855, à la veille de son *pronunciamento*, il ne communique ni à M. Talabot ni à moi les doutes qu'il avait ou les opinions qu'il réservait; ce fut seulement *après le mois de décembre* 1855 *que ses idées furent confirmées*; ce fut seulement *après le mois de décembre*, je suppose, que la Compagnie à laquelle M. de Negrelli avait jusqu'alors prêté l'influence de son nom et le poids de son autorité prit une forme commerciale.

« Mais, ai-je dit, M. de Negrelli a le droit d'avoir son opinion. Je désire qu'il me reconnaisse le même droit.

« Je ne partage pas, dit-il, l'opinion de mon honorable ami d'Angleterre, « qu'un canal sans courant deviendra un fossé dans lequel les eaux seront « constamment stagnantes. Le canal doit être considéré comme la conti- « nuation des deux mers qui se rencontreront dans son bassin.

« Si mon honorable ami veut bien regarder par les fenêtres de l'édifice « dans lequel il a développé des connaissances hydrauliques aussi singuliè- « res, il verra que le reflux de la Tamise jusqu'à Windsor est dû à l'agi- « tation que la marée produit dans la rivière. Quoique Windsor soit à une « certaine distance de la mer, l'influence de la marée se fait régulièrement « sentir; la Méditerranée et la mer Rouge agiteront de la même manière le « canal de Suez; les eaux monteront, puis se retireront; en un mot, elles « participeront de tous les mouvements de la mer. »

« Si mon honorable ami se place sur les murs de la ville où il a développé des théories hydrauliques aussi singulières, il ne verra, dans le courant sans marée qui se trouvera au-dessous de lui, rien de semblable à ce qu'il affirme se passer pour la Tamise, et se persuadera que ses raisonnements sont aussi éloignés qu'il est possible de la vérité: car, pour supposer un moment qu'il y a une analogie quelconque entre le canal de Suez, de 300 pieds de large à son entrée dans une mer sans marées, et une rivière qui n'a pas moins de 3 milles à son embouchure, avec des marées d'eau vive de 16 à 30 pieds, il faut réellement, pour me servir d'une expression favorite de M. de Negrelli, prétendre à peine à quelques connaissances hydrauliques.

« Et, si mon honorable ami est inexact dans ses comparaisons, il est

également malheureux dans leurs développements spéciaux. Si, sans l'ombre d'une raison, M. de Negrelli doute que je sois jamais allé à Suez, ce n'est pas sans motif que je lui demanderai s'il est jamais allé à Windsor; ou si, comme ses paroles peuvent le faire croire, il a voyagé sur la Tamise sous les fenêtres de l'édifice dans lequel j'ai développé des connaissances hydrauliques si extraordinaires, pour visiter le château de Windsor, d'où il a vu le reflux de la Tamise, la marée et l'agitation communiquée à la rivière, je lui demande la permission de penser que cette vision doit avoir eu lieu dans des circonstances qui avaient altéré la netteté de son jugement. Car, bien qu'il soit exact, comme le dit M. de Negrelli, que Windsor est à une assez grande distance de la mer, il est également certain que l'on n'y ressent pas régulièrement l'influence de la marée, arrêtée par le barrage de Taddington. Je puis, en outre, informer M. de Negrelli que Windsor est à vingt-six milles au-delà du point où la marée se fait sentir dans la Tamise, et il n'y a pas de tradition qui indique que, même avant la construction du barrage, la marée soit allée à moins de vingt-deux milles de la ville.

« Pourtant, M. de Negrelli affirme que, de même que l'Océan agite les eaux de la Tamise à Windsor, de même la Méditerranée et la mer Rouge agiteront les eaux du canal de Suez. Sur ce point, je ne partage pas l'opinion de mon honorable ami.

« Mais sur la question que les eaux du canal monteront et descendront, participant de tous les mouvements de la mer, je ne suis pas non plus de son avis. En admettant que ce mouvement soit de deux pieds dans la Méditerranée et de six pieds dans la mer Rouge, ce qui suppose un cas extrême, quelle serait son action sur un canal de quatre-vingt milles de longueur, en ayant égard, surtout, à l'intervention du bassin variable des Lacs Amers? Il est facile de le déterminer par le calcul, et je laisse ce soin à mon honorable et ingénieux ami pour se récréer dans ses heures de loisir.

« Je crois avoir maintenant répliqué à ce qui méritait réponse dans la lettre de M. de Negrelli. Je regrette qu'après nous avoir, M. Talabot et moi, laissés si longtemps nous figurer qu'il était d'accord avec nous sur les conclusions auxquelles nous étions arrivés après l'étude de 1847, il ait fini par se prononcer en sens contraire; cependant, il me reste la satisfaction de savoir que, dans l'intervalle, notre opinion a été confirmée par les recherches de personnes savantes et d'une haute expérience. Entre autres études sur ce sujet, je citerai un document publié par l'amirauté, et dû au capitaine Spratt, R. N., chevalier de l'ordre du Bain, et membre de la Société royale, qui fit, en 1857, une enquête sur la valeur des arguments et raisonnements de M. F. de Lesseps en faveur de la possibilité pratique du percement du canal de Suez.

« Cet officier, d'une science éminente, est arrivé à cette conclusion, à la suite de vingt années d'expériences dans la Méditerranée et d'après les derniers travaux et les cartes les plus complètes de l'amirauté, indiquant le mouvement des vagues et des courants, qu'il est impossible d'exécuter le canal, pour lequel il faudrait d'abord pouvoir établir et maintenir une entrée profonde, malgré l'absence des marées dans la Méditerranée. Il est nécessaire et juste, dit-il, que le commerce, désireux de prendre part au

projet de M. F. de Lesseps, connaisse ces faits importants avant de lancer ses millions dans l'entreprise, et sache qu'il y a à lutter contre des sables qu'on ne peut ni vaincre ni découvrir, et qu'Alexandre le Grand était plus sage que ne l'admet M. F. de Lesseps quand il tenait compte de l'opinion locale sur l'influence du Nil dans un port construit à l'est de l'embouchure de ce fleuve, choses qu'il importe de connaître avant qu'il soit trop tard pour revenir en arrière.

« L'opinion exprimée par le capitaine Spratt me console, et contrebalance jusqu'à un certain point la défection de M. de Negrelli; je regrette seulement que mon ancien collaborateur n'ait pas pu se joindre à ses nouveaux amis sans prendre sa part des attaques dirigées contre moi, et je crois devoir dire franchement que l'attaque tombée de la plume de M. de Negrelli me semble sans générosité, injuste et faite sans provocation. Quelles paroles désagréables ai-je dites contre M. de Negrelli? quand lui ai-je attribué des opinions erronées et une ignorance scientifique tout à fait absurde?

« M. de Negrelli avait si peu de raison de m'attaquer que je pense et j'ai presque la conviction qu'il n'a jamais écrit la lettre indigne dont je me plains, mais qu'elle est l'œuvre de quelque autre, et qu'il a donné sa signature sans réflexion.

« Pour conclure, Monsieur, je dirai que je n'ai pas de parti pris contre le canal maritime à travers l'isthme de Suez; si je pouvais considérer un tel canal comme avantageux au point de vue commercial, je serais le premier à consacrer à ce travail mon temps, mon argent et mon expérience.

« C'est parce que, à la suite d'un examen approfondi fait avec des hommes tels que M. Talabot, je suis arrivé à cette conclusion, que le projet ne méritait pas attention sérieuse, que je lui ai refusé mon appui. Je voudrais voir un canal, tel que les Dardanelles ou le Bosphore, traverser l'isthme qui sépare la mer Rouge de la Méditerranée; mais je sais qu'un tel canal est impraticable, qu'on ne peut faire, même en dépensant beaucoup de temps, beaucoup d'argent et la vie d'un grand nombre d'homme, qu'un fossé stagnant entre deux mers sans marées, dans lequel les gros vaisseaux ne pourront pénétrer en aucun cas, et pouvant seulement être parcouru par de petits navires, quand les vents permettront leur entrée ou leur sortie. Je pense que ce projet est destiné à avorter par lui-même et qu'il sera ruineux pour les constructeurs: c'est pour cela que je ne permettrai pas de dire plus longtemps qu'en m'abstenant de me prononcer nettement sur ce sujet, je laisse tacitement les capitalistes risquer leur argent dans une entreprise qui, par la connaissance que j'en ai, m'est prouvée devoir être une spéculation folle et ne devant rapporter aucun bénéfice.

« J'ai l'honneur, etc.

« Robert Stephenson. »

M. Barrault a fait suivre les deux documents qui précèdent de considérations qui lui sont propres. Son impression est que la lettre de M. de Negrelli n'a rien apporté de nouveau dans la discussion; qu'elle est regrettable en ce

sens que les questions personnelles qu'elle a soulevées ont été malheureuses pour son auteur, et sans profit pour la question. Elle n'a eu qu'un avantage : celui d'engager M. Stephenson à préciser ses objections un peu plus qu'il ne l'avait fait encore.

A ce point de vue, M. Barrault fait observer que les arguments par lesquels M. Stephenson combat le tracé du pacha d'Egypte sont de ceux auxquels répondent le projet de M. Talabot et le sien : à savoir l'absence de courant dans le canal et la construction d'un port nouveau dans une situation qui soulève de graves objections sur le fond d'eau et sur le régime des vents dans ses parages.

M. LE PRÉSIDENT remercie, au nom de la Société, M. A. Barrault, de l'analyse qu'il a présentée des lettres de MM. de Negrelli et Stephenson, et de la situation dans laquelle la direction imprimée à ce grand projet a laissé les questions techniques qui s'y rattachent.

Entrant dans cette discussion, il exprime le désir que les objections d'un homme considérable comme M. Stephenson soient discutées. Il n'est pas possible que l'Europe scientifique, celle qui est animée, pour le percement de l'isthme de Suez, d'un enthousiasme légitime et sérieux, et qui tient, avant tout, à une satisfaction complète et absolue sur les questions techniques que soulève ce grand projet, veuille laisser en arrière les objections d'un esprit aussi puissant, guidé par des vues aussi larges et aussi loyales que celles de Robert Stephenson. Les ingénieurs civils, qui voient en lui, comme dans son père, un des plus habiles et des plus honorables fondateurs de la profession, et pour l'Angleterre deux gloires nationales dans la même famille, doivent surtout apporter une attention sérieuse aux objections qui partent d'une telle source. Il y a lieu d'envisager cette question d'une manière d'autant plus impartiale que, pour beaucoup d'ingénieurs, le choix du meilleur tracé est une considération presque secondaire : il leur suffit que le tracé préféré soit dans des conditions suffisantes d'efficacité et de conservation.

C'est pour cela que, considérant l'utilité du percement de l'isthme au point de vue de l'intérêt de la France, et apercevant dans les objections de M. Stephenson un danger réel que la discussion seule peut affaiblir, qu'elle peut mesurer du moins, il y a lieu de signaler la nécessité de les examiner.

Assurément, comme l'a fait si habilement M. Barrault, il était utile de résoudre la question personnelle, afin de la dégager du débat; d'autant plus que, dans l'histoire du percement de l'isthme de Suez, si le premier rang doit appartenir à l'homme dont les efforts persévérants et habiles ont su intéresser l'Europe civilisée au projet qui est devenu son œuvre à lui, toujours est-il que les noms de MM. Stephenson, Talabot et Negrelli y resteront attachés, parce que, à l'époque où l'exécution de cette entreprise était à peine concevable, ils ont, par un acte spontané d'initiative, associé leurs efforts et leurs capitaux pour étudier la possibilité de sa réalisation. Sans doute il est à regretter qu'une page soit à retrancher dans cette histoire, celle qu'a écrite M. Negrelli, qui a provoqué la victorieuse réponse de son collègue; mais il y a une circonstance atténuante : c'est que l'entraîne-

ment auquel cette page doit être attribuée avait sa source dans le désir de contribuer au succès du percement de l'isthme.

Les objections de M. Stephenson sont de deux natures : les unes sont techniques, la dernière porte sur le point de vue économique.

Examinons d'abord cette dernière. « L'entreprise, dit-il, ne sera pas rémunératrice ; les capitaux privés ne lui viendront pas, ou, s'ils lui viennent, ils seront perdus, l'affaire étant en elle-même une spéculation ruineuse. Si cette objection est fondée, on doit admettre au moins qu'elle n'est pas nouvelle pour son auteur ; qu'elle a dû être connue et pressentie par lui à l'époque où il a, par une grande et généreuse initiative, fait, pour sa part, une dépense de quarante mille francs en études de ce projet. Qui a changé depuis ? Serait-ce que le percement ne serait pas rémunérateur, selon que les eaux du canal seraient dormantes ou courantes ? Non : la solution technique n'entre pour rien dans ce point de vue. Les relations avec l'Inde n'ont pas cessé depuis la première tentative qu'a faite M. Stephenson de déterminer la possibilité de ce grand travail. Loin de là, elles ont augmenté en importance commerciale ; elles sont devenues d'une urgence excessive au point de vue politique. Pourquoi n'a-t-il pas été arrêté alors par cette objection ? Pourquoi le serait-il aujourd'hui ?

Mais admettons la vérité de l'objection. Si M. Stephenson ne l'avait pas faite, nous la soulèverions nous-mêmes : car, quelle que puisse être l'importance du mouvement de la navigation dans l'isthme, nous croyons qu'il est de l'essence de ce nouveau détroit d'offrir aux navires un passage gratuit afin d'être couvert par une neutralité politique et commerciale garantie par tous les gouvernements, et entrant dans le droit public européen. A ce compte, nous ne lui voudrions pas de siége social donnant à l'entreprise une nationalité quelconque ; pas d'actionnaires, pas de titres donnant contre lui un droit éventuel. Le mécanisme ordinaire de l'association nous semble impuissant et dangereux pour une pareille entreprise. Nous allons donc plus loin que M. Stephenson ; mais, au lieu de nous éloigner, comme lui, du but, cette manière de voir nous en rapproche.

Nous sortons d'une crise sur les céréales qui a enlevé aux affaires industrielles des centaines de millions. Les territoires qui alimentent l'Europe en blés : la Russie, les Etats-Unis, l'Espagne, l'Algérie, ont été insuffisants pour nous ; d'un autre côté, réduite à notre marché intérieur, notre industrie a vu son activité s'éteindre : la métallurgie, les tissus, les charbonnages, les chemins de fer, la batellerie, souffrent.

Personne de nous n'ignore que, si les territoires asiatiques étaient placés, par la rapidité des communications, dans la condition de ceux qui nous alimentent, l'Europe n'aurait plus à souffrir de ces crises, parce qu'elle puiserait là des ressources abondantes et qu'elle y écoulerait une partie des produits de sa main-d'œuvre. Il y a en ceci une utilité bien plus grande, bien plus générale, que celle de satisfaire à l'étroit mécanisme avec lequel se meuvent les associations privées. Si l'utilité qui attire les capitaux particuliers, l'utilité saisissable, immédiate, offrant une base directement rémunératrice, est impuissante, c'est aux Etats européens à s'associer et à marcher au but. L'Angleterre a, par l'impôt, dépensé des milliards en ma-

rine militaire pour protéger le commerce, le trafic privé ; elle dépense encore, chaque année, des millions par vingtaines en ports de refuge, en phares, etc. L'utilité de ces sacrifices est-elle moindre que ne l'est pour les autres nations le percement de l'isthme de Suez? Ce détroit, qu'on nous permette de lui donner ce nom, établirait l'égalité des gouvernements européens devant l'Asie, les côtes orientales d'Afrique et l'Australie. Certes, cela importe à la majorité des Etats de l'Europe et est une condition de stabilité pacifique tout autant que d'extension du commerce.

N'attaquons donc point un pareil projet par d'autres arguments que ceux que nous emploierions contre l'application du produit des impôts aux grands intérêts humanitaires. Rangeons-le de suite à l'égal du progrès de l'instruction publique, de la viabilité du territoire, de la défense militaire, et reconnaissons que, comme tous ces intérêts, il mérite que les produits des impôts soient consacrés à son exécution.

Quant aux objections techniques, elles sont sans doute plus sérieuses; mais ici encore, nous nous trouvons arrêtés dès les premiers pas. Nous distinguons bien que la plus grave difficulté qui a surgi dans l'esprit de M. Stephenson, c'est que le canal serait un fossé infect à cause du séjour des eaux dormantes. Mais quelle est donc la source de ces craintes? Les voyageurs ont maintes fois vu des lacs d'eau dormante d'une extrême limpidité : il est vrai qu'ils étaient situés à des hauteurs ou dans des conditions qui ne permettaient pas la végétation dans leurs eaux. Ici les eaux sont salines et les lacs sont sans végétation. Or, la végétation et la vie animale sont les seules causes de fermentation putride donnant naissance à des miasmes insalubres. Les cas dans lesquels ce fléau se produit sont connus. Il faut d'abord que la base d'une végétation tour à tour vivante et saine, morte et putrescible, existe, c'est-à-dire des terres ou vases alternativement à sec et couvertes d'eau ; ou bien encore que le desséchement des nappes d'eau entraîne l'extinction de la vie animale qu'elles contenaient et la décomposition des matières déposées. Mais ici il n'y a ni vases, ni terres ; il n'y a pas de différences alternatives de niveau, ou du moins il ne semble pas y en avoir, et l'on ne peut que regretter alors que l'objection ait été soulevée sans que nous en puissions apprécier les éléments.

M. Stephenson a-t-il aussi voulu dire que l'absence de courant aurait pour effet d'altérer le profil en travers du canal? Mais il n'a pas présenté la nature du terrain, qu'il a examiné deux fois, comme impropre à conserver la forme qui lui serait donnée pour contenir les eaux du canal. Il reste donc aussi, sur le véritable caractère que cette objection a pris dans la pensée de M. Stephenson, une grande incertitude.

Un canal d'eau de mer de 100 mètres de largeur, de 8 à 9 mètres de profondeur d'eau, creusé dans des terrains consistants et complètement impropres à la végétation, à niveau constant, traversé chaque jour par un certain nombre de navires, verra-t-il bientôt ses eaux chargées de végétation? Cette végétation donnera-t-elle lieu à des décompositions putrides? En sera-t-il de même des matières animales en suspension? Ce canal perdra-t-il sa forme et par suite sa profondeur? La question subsiste encore; mais, sans l'affirmation de M. Stephenson, nous n'hésiterions pas à y répon-

dre négativement faute d'éléments pour appuyer l'opinion contraire.

Reste la situation du port sur la Méditerranée au débouché du percement. Il y a, d'après M. Stephenson, à craindre l'envasement dans les parages de ce port par le transport du limon du Nil; les vents y sont également à redouter parce qu'ils sont violents et qu'ils affaleront sur la côte de l'est les navires qui auront à chercher l'entrée du canal ou qui en sortiront.

La seconde partie de cette objection n'est pas propre à M. Stephenson. Il s'en rapporte, à cet égard, à l'opinion d'un marin fort expérimenté, qu'il nomme. Cette opinion ne paraît pas avoir été partagée par un officier de marine, M. Lieussou, mort jeune, mais dont le mérite incontestable contrebalance l'opinion citée par M. Stephenson. Des observations faites pendant l'hiver de 1855 à 1856 ont confirmé les appréciations de M. Lieussou. Toujours est-il que, la navigation à vapeur étant celle qui fréquenterait le plus le canal de Péluse à Suez, cette objection ne l'atteint que médiocrement, et que sa portée est par cela même fortement amoindrie.

Quant au transport du limon du Nil, tous reconnaissent qu'il n'y en a pas trace au point de la côte où il s'agirait de placer et de couvrir, par une longue digue, l'entrée en mer du canal. Cela s'explique : la source de ces craintes remonte à Alexandre le Grand. Il y a de cela plus de deux mille années. Depuis ce temps le régime du Nil a-t-il changé? Porte-t-il à la mer une aussi grande quantité de limon? Il est permis d'en douter. Il est établi que, sur son delta même, le lit du fleuve s'est élevé; que la vitesse du courant a été par cette cause en diminuant, et que la diminution de vitesse a amené le dépôt plus rapide des troubles en suspension. C'est là le sort de l'embouchure de tous les fleuves dont les eaux sont riches en limon. Les développements du delta en superficie ne sont nullement fonction du temps; des causes de la nature de celle que nous venons d'indiquer en ralentissent et même en arrêtent la marche. Assurément, le Nil est un des fleuves dont le limon est le plus riche et sera de plus en plus recherché; il n'y aurait alors rien de surprenant que le régime qui a fait reculer Alexandre contre la fondation d'une ville à Péluse fût très atténué ou eût cessé d'exister.

Nous avons donc à exprimer, sur la valeur des objections techniques présentées par M. Stephenson, une incertitude que les ingénieurs apprécieront. Peut-être faut-il faire une part à la délicatesse de sa situation. Le Gouvernement de son pays n'avoue pas ses vrais motifs d'opposition, et il s'est réfugié derrière l'homme le plus apte à prononcer en Angleterre sur de pareilles questions et le plus recommandé par ses antécédents à la confiance publique. S'il est vrai que de grands intérêts politiques dictent, à cet égard, la conduite du Gouvernement anglais, et que le secret importe à ces intérêts, qui d'entre nous condamnera la réserve que montre aujourd'hui M. Stephenson dans la discussion du projet, et ne nous suffit-il pas de nous rappeler qu'il en a été l'un des plus sérieux promoteurs ?

M. Alexis Barrault dit que le projet de MM. Linant et Mougel avait prévu un port à Péluse, qu'ils estimaient devoir coûter 25 ou 30 millions, et dont on peut facilement évaluer la dépense à plus de 100 millions, et la durée de la construction à vingt ou trente ans. Quand M. Talabot et d'autres ingénieurs ont fait comprendre toutes les difficultés de cette création,

a commission scientifique s'est bornée à déclarer qu'on pourrait s'en passer en construisant simplement deux jetées comme à Dieppe, à Dunkerque et dans d'autres ports de France. Mais ces jetées auraient 6 à 8 kilomètres de longueur, ce qui, au dire des marins, rendrait souvent extrêmement difficile l'entrée du canal ! La question de l'entrée dans la Méditerranée n'est donc pas résolue !...

Le vice-roi ne veut pas d'autre tracé que celui passant par Péluse; la commission internationale, qui tient à exécuter, ne considère donc comme possible que le tracé direct. D'un autre côté, le Gouvernement anglais ne veut pas absolument du canal ! C'est donc une question que la politique seule peut résoudre.

M. Barrault ne peut pas admettre qu'un homme comme M. Stephenson émette les opinions précitées seulement pour être agréable à son Gouvernement. M. Stephenson a une opinion sérieuse, que, sans cette circonstance, il chercherait peut-être à modifier, mais qui, émanant de lui, a toujours une valeur considérable.

Il partage les opinions de MM. Talabot et Stephenson au sujet du port de Péluse, et ne comprend pas que l'on puisse se passer de port, comme le propose la Commission, ou que l'on s'obstine à en créer un, avec des frais énormes, sur un point de la côte pour lequel la nature n'a rien préparé, quand il est si naturel de faire aboutir le canal à Alexandrie.

Si l'on faisait un canal maritime en France, on le ferait aboutir à l'un de nos ports, et on n'imaginerait pas de créer un port en un point *quelconque* de nos côtes.

M. LE PRÉSIDENT objecte à cette assertion que les Anglais se préoccupent vivement en ce moment même d'une question analogue, la création de ports de refuge dans des endroits où la nature n'a rien préparé. Il demande à M. Barrault si les envasements du delta arrivent dans l'ouest de la Méditerranée.

M. BARRAULT ne le pense pas, et considère comme à peu près certain que la plage de Péluse n'est pas envasée; mais le sable est probablement un obstacle aussi sérieux que la vase, et l'absence de cette matière ne préjuge rien en faveur de la facilité d'exécution d'un port. Il partage l'opinion de M. Stephenson sur la difficulté d'alimenter le canal par les eaux des deux mers seulement : dans le projet qu'il a présenté, il n'admet pas que les eaux de la mer Rouge s'avancent beaucoup plus loin que les Lacs Amers, et le reste du canal est alimenté par les eaux du Nil, recueillies et amenées au canal après avoir servi à l'irrigation du sol; il dessèche en même temps une immense superficie de terrains marécageux dont la mise en culture donnerait un produit considérable, qui viendrait en aide aux recettes de la navigation et améliorerait notablement la situation financière d'une compagnie.

M. Barrault ne voit qu'un seul moyen de parer aux graves objections de M. Stephenson, c'est de faire du canal un canal d'eau douce largement alimenté par les eaux du Nil depuis les Lacs Amers jusqu'à Péluse : il faut créer non pas un petit canal, mais une large rigole d'alimentation entre le Caire et le lac de Timsah, et en établir encore une autre vers le nord, qui,

partant de Mansourah, rejoindrait le canal au nord du lac Ballah. — De cette manière, le canal serait bien alimenté, rempli d'eau douce propre à l'irrigation des terres, et M. Stephenson aurait sans doute moins d'objections à faire à cette solution qu'à celle de la commission internationale.

Quoi qu'il en soit, la question du débouché dans la Méditerranée ne serait pas encore résolue! M. Barrault pense que l'entrée par Péluse sera tentée, et qu'elle doit l'être; mais elle ne servira que pour les petits navires, et, quand on voudra faire du canal une voie navigable servant aux grands bâtiments, il faudra revenir au projet qu'il a proposé et prolonger le canal jusqu'au port d'Alexandrie à travers les lacs Mensaleh et Bourlos, dont une grande partie sera desséchée et rendue à la culture! On assainira ainsi tout le nord du delta, qui sera bientôt cultivé et peuplé.

M. Barrault est convaincu que les choses se passeront ainsi; mais, pour arriver à ce résultat, il faut que le canal soit accepté en principe, et qu'on procède à l'exécution du seul projet que le pacha veuille admettre *aujourd'hui*, sauf à le modifier plus tard; à quelque point de vue qu'on se place, les efforts de M. F. de Lesseps méritent donc les plus grands éloges et les encouragements les plus énergiques!

MM. Bruère, Burel, Gil Claudio, Dinan, Sambuc et Reymond, ont été reçus membres de la Société.

SÉANCE DU 15 OCTOBRE 1858.

Présidence de M. Eugène FLACHAT.

Il est donné communication du résultat de l'expérience faite sur un nouveau système de changement de voies dit *indéraillable*, de M. Poiret, que M. Faliès a décrit dans la séance du 23 avril dernier.

Il résulte de cette expérience, qui s'effectue au Mans depuis le 16 avril dernier sur un appareil qui subit chaque jour plus de cent passages de machines, et à Vaugirard depuis le 7 juin, que l'objection soulevée relativement à la manœuvre en talon de ce changement, par un véhicule venant de la voie, n'étant pas faite, est entièrement détruite. On disait que, dans cette manœuvre, le véhicule reposant sur la voie mobile aurait à se déplacer latéralement, que le frottement de glissement qui tendrait à se produire sous le poids considérable des machines s'opposerait à ce déplacement, et qu'il y aurait un déraillement inévitable; que, dans tous les cas, en ad-

mettant que cette manœuvre vînt à s'opérer, elle occasionnerait une secousse tendant à décaler les roues et à détraquer l'appareil.

L'expérience est venue détruire complétement les craintes qu'on avait exprimées à ce sujet, et que M. Poiret partageait lui-même dans une certaine mesure ; elle démontre que non-seulement la manœuvre s'opère sans la moindre hésitation, mais que l'on ne ressent aucune secousse sur le véhicule, à quelque vitesse qu'on puisse opérer.

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'il a assisté à l'expérimentation de ce changement, et qu'il le considère comme ayant supprimé à peu près tous les inconvénients si nombreux des appareils du même genre employés jusqu'à ce jour, et comme la solution la plus complète de la sécurité des manœuvres de gare.

Il n'y voit plus qu'une objection sur laquelle il ne puisse se prononcer : c'est celle relative au danger que ce changement pourrait présenter sur les voies traversées à grande vitesse, par suite du faible écartement que l'on est obligé de ménager au contre-rail, et qui est la base de la sécurité offerte par l'appareil. Il attend qu'une expérience plus complète dans ce sens réponde à cette objection.

On répond que ce faible écartement, qui est bien, en effet, la base de la sécurité absolue de l'appareil, et qui, d'ailleurs, le contre-rail étant coudé, ne règne que sur une longueur de un mètre, peut être augmenté dans une certaine limite. Il résultera, à la vérité, de cette augmentation, une diminution de la sécurité ; mais, dans tous les cas, celle-ci sera toujours de beaucoup supérieure à celle du changement Wild, et, par conséquent, cet appareil pourra toujours être préféré à ce dernier.

M. LE PRÉSIDENT ajoute qu'il fait une belle part à ce système en disant que l'on ne peut dérailler avec cet appareil, dont il n'hésiterait pas à conseiller l'usage général dans les gares de manœuvre, et qu'en outre d'une grande économie qu'il apportera dans l'entretien, il a l'avantage exceptionnel de permettre la réduction du nombre des aiguilleurs et d'exiger de leur part moins d'intelligence ; mais M. le Président réserve toujours son jugement sur la question de son emploi sur les voies parcourues à grande vitesse, l'expérience seule pouvant prononcer sur ce point.

M. BARROUX présente à la Société un modèle, grandeur d'exécution, d'un nouveau système de voie établie sur longrines creuses en fer.

Il expose que la longrine qu'il emploie a des dimensions telles que la tôle, travaillant à un effort maximum de 6 kil. par mill. carré, présente la même résistance transversale qu'une longrine en bois de 0,15 sur 0,20 d'équarrissage, travaillant sous un effort maximum de 60 kil. par cent. carré. Il fait voir ensuite que le système d'attaches sur le rail est simple, d'un démontage facile, et que l'agencement est tel que le relâchement n'est pas possible par suite des trépidations dues au passage des trains ; il fait remarquer que cette voie doit être très uniformément résistante, parce que les joints des rails et ceux des longrines sont également éclissés ; et, enfin, il explique comment, par suite de l'emploi d'un support en forme de cu-

vette, si un déraillement survient par une cause quelconque, chaque essieu déraillé doit nécessairement rentrer de lui-même dans la voie.

UN MEMBRE fait observer qu'aucun moyen n'est employé pour assurer l'écoulement des eaux, que la neige peut et doit amener quelque embarras, et qu'enfin, dans les parties où le ballast est formé d'un sable fin et léger, les mouvements de l'air, soit naturels, soit causés par le passage des trains, en accumuleront nécessairement dans la cuvette une quantité continuellement croissante.

M. BARROUX répond qu'il est facile d'assurer l'écoulement de l'eau au moyen de quelques trous percés dans le fond de la cuvette; que la neige peut être écartée aussi facilement que dans les voies ordinaires au moyen d'une forme spéciale à donner au rabot à neige; que l'inconvénient attribué au sable fin lui paraît plus sérieux, en ce que, pour y remédier, il pourrait devenir nécessaire de nettoyer périodiquement la cuvette; mais que, d'un autre côté, les inconvénients de cette nature de ballast sont tellement destructeurs du matériel roulant, et incommodes aux voyageurs, que l'on est toujours forcé d'en restreindre l'emploi le plus possible, et même de le remplacer aussitôt que, par suite de l'exploitation d'une ligne, il y a moyen de s'approvisionner d'un ballast d'une autre nature. Cet inconvénient, restreint ainsi à quelques parties isolées, serait donc en même temps purement transitoire.

LE MÊME MEMBRE remarque que des alternatives de pluies et de gelées pourraient avoir pour résultat d'accumuler de la glace dans le fond de la cuvette, de manière à présenter des obstacles et peut-être à entraver la circulation des trains.

M. BARROUX croit cette crainte peu fondée; il pense que les changements de température ne sont jamais assez brusques pour que l'eau provenant des pluies ou des dégels n'ait pas le temps de s'écouler avant d'être saisie par la gelée.

LE MÊME MEMBRE demande quel serait le prix du mètre courant de cette voie.

M. BARROUX répond que le poids de la longrine, y compris tous ses accessoires d'attache, d'éclisses et de liaison entre les deux files, est de 30 kil. par mètre, soit 60 kil. par mètre de voie, et que celui du rail est réduit à 20 kil. Il pense que ce poids du rail serait suffisant à cause de la continuité du support; il évalue le prix des longrines à 400 fr. la tonne, et celui des rails à 330 fr. Partant de ces données, il établit que le mètre courant de voie reviendrait à 38 fr.

LE MÊME MEMBRE croit que le poids du rail est trop faible et qu'il devrait être porté de 25 à 30 kil. Quant au support, il croit aussi que le prix de 400 fr. par tonne est évalué trop bas. Il ajoute qu'en acceptant provisoirement ce prix, il n'en résulterait pas moins que, dans le système proposé, le support d'un mètre courant de voie coûterait 24 fr., tandis qu'une

traverse toute montée et prête à recevoir le rail ne coûte que 12 fr. en moyenne, et il ne pense pas que les Compagnies puissent songer à payer un prix aussi élevé une amélioration dans l'établissement de la voie.

UN AUTRE MEMBRE ajoute que la voie de M. Barroux, aussi pesante que la voie *Barlow*, présente plus de complication et moins de garantie de durée; qu'elle demande plus de ballast et qu'elle est d'un bourrage plus difficile.

M. BARROUX répond qu'une amélioration qui coûterait aussi cher ne pourrait en effet être acceptée par les Compagnies; mais que, si l'on complète l'évaluation en tenant compte de la dépense des éclisses des voies ordinaires et de la diminution possible du poids des rails dans la voie proposée, la différence serait beaucoup moindre, et qu'en effet, si, à cause de l'observation qui lui a été faite sur la légèreté de ses rails, il leur donne un poids de 25 kil., il aura encore 20 kil. d'économie par mètre de voie sur les rails à 35 kil., nécessaires quand on emploie les traverses à la distance d'un mètre. Ces 20 kil. coûteraient 6 fr. 60; ajoutant 2 fr. pour prix moyen de l'éclissage, et enfin 12 fr. pour celui de la traverse montée, on arrive à un prix de 20 fr. 60 à comparer à 24 fr., prix du support dans le nouveau système. L'augmentation ne serait plus alors que de 3 fr. à 4 fr. par mètre, et elle lui paraît pouvoir être acceptée, à cause des avantages que présente la suppression des traverses.

UN AUTRE MEMBRE dit que les trous dans le fond de la cuvette, destinés à l'écoulement des eaux, pourraient aller quelquefois contre leur but et donner au contraire accès à l'eau contenue dans le ballast; qu'il ne croit pas suffisante la résistance transversale de la longrine, et qu'enfin l'une de ses faces, étant en contact permanent avec le ballast humide, devra être promptement détruite par la rouille.

M. BARROUX répond que le ballast peut être humide pendant un temps plus ou moins long, mais qu'il ne saurait conserver réellement de l'eau en nappe dans son intérieur; qu'un tel fait est incompatible avec sa nature essentiellement perméable; que, si, par impossible, il se produisait, il ne pourrait avoir pour cause qu'une circonstance fortuite et extérieure qu'il faudrait toujours faire disparaître avec quelque système de voie que ce soit; que quant à la résistance transversale, il a donné à sa longrine en fer, ainsi qu'il l'a expliqué en commençant, une résistance égale à celle que présente une longrine en bois de $0^m.15$ sur $0^m.30$, et que l'expérience a reconnue suffisante; qu'enfin il ne pense pas que la rouille soit à craindre pour la longrine, parce que, son contact métallique avec le rail étant continu, elle sera soumise aux influences préservatrices des courants électriques ou magnétiques développés par le passage des trains.

M. JULES GAUDRY, chargé de rendre compte à la Société du nouveau Portefeuille des chemins de fer dont il lui a été fait hommage par les auteurs, MM. Perdonnet et Polonceau, présente l'analyse des 3e, 4e, 5e et 6e livraisons.

M. LE PRÉSIDENT présente un modèle au dixième d'un appareil dit *perforateur* ou *excavateur*, pour percer les puits et tunnels dans la roche;

cet appareil, simplement déposé au nom d'un auteur inconnu par M. le consul américain, se compose essentiellement d'une sorte de sape ou trépan analogue à celui des foreurs de puits artésiens. Un mécanisme d'engrenage pour bras d'homme, ou une machine à vapeur, lève le trépan en lui imprimant en même temps un mouvement rotatif; un ressort énergique se joint ensuite à l'action de la gravité pour faire retomber l'outil en creusant la roche. L'appareil est monté sur un pivot horizontal qui permet de l'incliner à volonté, et sa base peut se déplacer transversalement, de sorte qu'il peut opérer partout où il est besoin. Il paraît résulter des renseignements transmis, que cet excavateur, proposé spécialement pour le tunnel du mont Cenis, est déjà employé couramment et qu'il opère avec une grande énergie.

Un Membre dit que l'instrument en grandeur d'exécution lui paraît trop long pour être manié facilement dans des travaux souterrains.

Un autre Membre ajoute que des excavateurs analogues sont en ce moment présentés de toute part, et il appelle l'attention sur celui de M. Booman, qui figure dans le numéro du journal *L'Invention*, que M. Desnos, membre de la Société, vient de lui offrir dans cette séance. L'excavateur de M. Booman, contrairement au système américain en question, agit horizontalement par la vapeur et sans percussion, mais en fendant circulairement à la façon d'un tour dont le plateau serait armé, sur le plat, de dents appropriées au terrain à excaver.

SÉANCE DU 5 NOVEMBRE 1858.

Présidence de M. Eugène Flachat.

M. Baudoin décrit un procédé employé par M. de Rostain pour diviser certains métaux, au moyen de la force centrifuge, afin de faciliter diverses réactions chimiques. L'appareil dont il se sert est un disque en terre réfractaire monté sur un axe vertical auquel on imprime une vitesse de 2,000 tours par minute; le métal en fusion, versé sur ce disque, est

projeté latéralement en une pluie fine qui se solidifie par le refroidissement avant de tomber.

M. Baudoin présente à la Société un échantillon de plomb en poudre obtenu de cette manière. Cette poudre peut être utilisée dans la fabrication du massicot; à cet effet, on l'humecte et on le soumet à une chaleur modérée ; chaque particule se couvre d'une couche de protoxyde qu'on détache par le lavage, et on répète l'opération plusieurs fois. On arrive ainsi à produire le protoxyde de plomb rapidement et à peu de frais. Avec l'acide acétique, on aurait de la céruse.

Il a été fait un essai sur la fonte, mais la pluie métallique, conservant sa température plus longtemps, s'est solidifiée en masse. Il pense qu'au lieu de recevoir la fonte dans des moules au moment de la coulée, il vaudrait mieux la diviser par son procédé, et qu'on parviendrait ainsi à la décarburer et à la débarrasser des corps étrangers comme le soufre et le phosphore.

M. LE PRÉSIDENT objecte que l'élévation de température nécessaire pour la volatilisation des corps étrangers ne pourrait être produite que par la combustion d'une partie du fer lui-même, ainsi que cela a lieu dans les coulées, où une petite quantité de carbone n'est mise en liberté que par suite de cette combustion. Il rappelle que le même fait se reproduit dans l'appareil de M. Bessemer.

UN MEMBRE croit qu'il pourrait se produire un effet analogue à celui du maséage qui blanchit la fonte ; mais il n'est pas probable que le procédé ait aucune influence sur le phosphore, le soufre et le silicium.

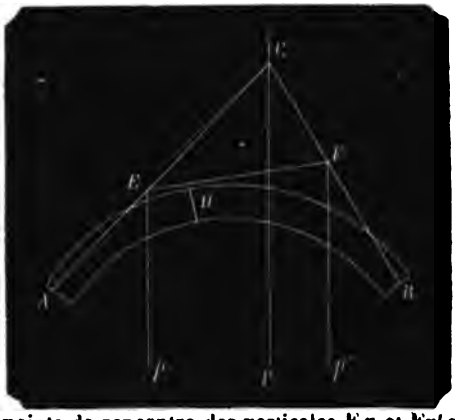
M. LE PRÉSIDENT appelle l'attention sur le compte rendu des travaux de la Société des ingénieurs civils de Londres, indiquant les récompenses accordées dans l'année aux mémoires les plus dignes d'intérêt et contenant un programme de questions les plus opportunes pour les progrès de l'art. Ce programme sera traduit et inséré au Bulletin.

M. RICHOUX lit une note sur les réservoirs d'eau à fond sphérique en tôle du chemin de fer du Midi.

M. HENRI BERTOT rappelle qu'il a communiqué, il y a trois ans, des formules simples et une méthode géométrique pour l'établissement des ponts à poutres continues. Il fait remarquer à ce sujet que c'est indûment que M. Bélanger, dans son traité de la résistance, a attribué ces formules à M. Clapeyron, dont le mémoire est postérieur de plus de deux ans à la communication qu'il a faite en juillet 1855.

Aujourd'hui M. Bertot fait part à la Société des résultats auxquels la suite de ses recherches l'a conduit pour les ponts en arc. Il fait l'exposé sommaire du résumé suivant :

1° En supposant connues les réactions des appuis aux naissances, on détermine facilement pour chaque section d'un arc le point d'application, la direction et la grandeur de la force développée dans cette section par l'action de la charge.



Soient un arc AB; AC et BC les directions réelles des réactions des appuis : ces droites concourent en C sur la verticale qui passe par le centre de gravité de la charge totale P.

D est une section quelconque; le centre de gravité de la charge partielle p sur AD est sur la verticale Ep; le centre de gravité de la charge partielle p' sur BD est sur la verticale Fp'. — On a la direction réelle de la force élastique développée dans la section D en joignant E et F, points de rencontre des verticales Ep et Fp' avec Ac et Bc.

Les forces inconnues principales, de la connaissance desquelles dépend celle de toutes les autres, sont donc les réactions des appuis.

2° Analytiquement, la recherche de chaque réaction donne lieu à la détermination de trois inconnues, soient six inconnues pour les deux réactions.

Les équations de l'équilibre appliquées à l'arc entier ne donnent que trois relations entre les six inconnues. Trois autres conditions sont déterminées par suite de la remarque qu'après la déformation de l'arc sous l'action de la charge, comme avant et pendant la déformation, les extrémités de l'arc n'ont point cessé d'être en contact avec les appuis sans se déplacer sur ces appuis.

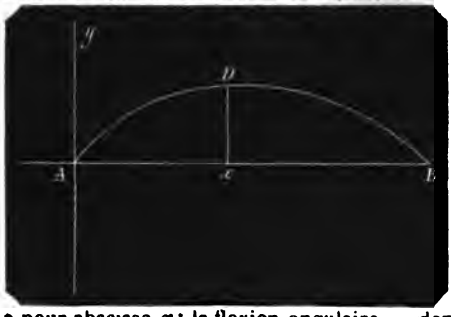
3° Pour tirer de cette remarque les trois relations complémentaires, on suppose l'arc déformé sous sa charge; dans chaque section des forces élastiques ont pris naissance. — Par la pensée on supprime ces forces successivement dans chaque section, en passant de l'extrémité A à l'extrémité B, de manière que, par rapport à une section D, la partie AD ait repris sa forme première tandis que l'autre partie DB reste déformée. En conséquence de cette suppression des forces élastiques, un point de l'extrémité A décrit une courbe fictive, et, d'après la remarque notée au numéro précédent, l'arc entier étant revenu à sa forme première, correspondant à la suppression de la charge, la courbe décrite est une courbe fermée. Les projections de cette courbe sur deux axes rectangulaires sont donc nulles. Il en résulte une quatrième et une cinquième relations.

En même temps, la droite qui termine l'arc à l'extrémité A s'est déplacée pour revenir à sa position primitive; la somme des déplacements angulaires de cette ligne est donc nulle, ce qui donne une sixième relation.

4° Pour écrire ces relations, on remarque que les forces élastiques dans chaque section peuvent être réduites à une force appliquée au centre de

gravité de la section et à un couple. On néglige la déformation correspondant à la force, et on ne tient compte que de celle qui donne naissance au couple (on ne s'arrête pas ici à la justification de ce choix).

La déformation correspondant au couple est une flexion autour d'une droite horizontale située dans le plan de la section. Cette droite ne passe généralement pas par le centre de gravité de la section. Cependant on suppose que le rapport de la hauteur de l'arc à la longueur du rayon de l'arc soit assez petit pour admettre que la droite autour de laquelle la flexion a lieu passe par le centre de gravité de la section, dans l'hypothèse de l'égalité des coefficients d'élasticité à l'extension et à la compression. Cet ensemble d'hypothèses n'est admis que pour faciliter l'exposition.



5° Les sections étant identiques sur toute la longueur de l'arc, l'origine des coordonnées placée au point A; la ligne AB choisie pour axe des x; la verticale Ay, pour axe des y positifs; A et B appartenant à l'arc, lieu géométrique des centres de gravité des sections; Q étant le moment du couple dans la section dont le centre de gravité a pour abscisse x; la flexion angulaire ω, donnant naissance au couple dans les sections sur l'étendue de l'arc élémentaire ds, est proportionnelle à Qds.

Dans l'hypothèse du n° 3, AD tourne autour du centre de gravité de la section D, de l'angle ω : le point A décrit alors un élément de la courbe fermée définie au même numéro : cet élément est un arc de cercle dont AD est le rayon.

La projection verticale de cet élément est $x\omega$, proportionnel à $Qxds$.

Sa projection horizontale est $y\omega$, proportionnel à $Qyds$.

6° La somme de déplacements angulaires de la droite qui termine l'arc au point A est donc proportionnelle à $\int_{\alpha}^{180-\alpha} Qds$

La projection verticale de la courbe fermée du n° 3 est proportionnelle à $\int_{\alpha}^{180-\alpha} Qxds$

La projection horizontale est proportionnelle à $\int_{\alpha}^{180-\alpha} Qyds$

Les limites α et $180 - \alpha$ étant les angles que font les naissances avec les x négatifs, on a les trois équations :

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,ds = 0$$

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q x\,ds = 0$$

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q y\,ds = 0$$

dont le groupe peut être remplacé par celui-ci :

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,ds = 0$$

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,dx = 0$$

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,dy = 0$$

7° Le dernier groupe d'équations se traduit géométriquement comme il suit :

On construit un cylindre droit ayant pour base l'arc AB ; on porte sur chaque génératrice, à partir de la base, une longueur proportionnelle à la valeur de Q pour le point de l'arc AB, pied de la génératrice. On obtient ainsi une courbe sur le cylindre. L'aire de la surface comprise sur le cylindre entre cette courbe et l'arc servant de base est proportionnelle à

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,ds$$

La projection de cette surface sur le plan mené par AB parallèlement aux génératrices du cylindre, a son aire proportionnelle à $\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,dx$

La projection de cette même surface sur le plan, parallèle aux génératrices du cylindre et mené par le milieu de AB et le centre de l'arc, a son aire proportionnelle à $\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,dy$

Ces trois aires sont nulles séparément.

8° Dans une section quelconque,

X, Y, sont les composantes de la force élastique ;

Q, le moment du couple élastique ;

x, y, sont les coordonnées du centre de gravité ;

Q_0 est la valeur de Q à l'extrémité A ;

Q_1 est la valeur de Q à l'extrémité B ;

$2l$ est l'ouverture AB ;

2λ est la longueur de l'arc ;

Une section D partage l'arc en deux parties AD et BD ;

L'action de AD sur BD est représentée par X.Y.Q. ;

La réaction de BD sur AD par $-X-Y-Q$.

Q_0 est donc pris avec le signe $+$, Q_1 avec le signe $-$, dans les réactions des appuis sur l'arc.

On n'examine ici que le cas le plus simple : celui d'une charge répartie uniformément suivant l'ouverture.

L'équilibre de rotation de AD autour du point A donne :

$$Q_0 - Q - \frac{1}{2} px^2 - Yx - Xy = o.$$

L'équilibre de rotation de BD autour du point B donne :

$$Q - Q_1 + \frac{1}{2} p(2l-x)^2 - Y(2l-x) + Xy = o.$$

L'élimination de Y donne l'équation :

$$\frac{Q_0(2l-x)+Q_1 x}{2l} - \frac{1}{2} px(2l-x) - Xy = Q. \qquad (A)$$

Dans le premier membre :

Le premier terme représente l'ordonnée d'une ligne droite ;

Le deuxième, l'ordonnée d'une parabole ;

Le troisième, l'ordonnée d'une ellipse.

L'ordonnée des courbes du n° 7 est donc une combinaison de ces trois ordonnées, et on substitue aux courbes du n° 7 l'ensemble des trois lignes qui viennent d'être indiquées.

La projection sur le plan du n° 7, mené par AB, est donnée immédiatement par l'équation précédente ; les courbes sur le cylindre et leurs projections sur le second plan s'en déduisent facilement.

On reconnaît que Q_1 doit être égal à Q_0 pour que la relation

$$\int_{\alpha}^{180-\alpha} Q\,dy = o$$

soit satisfaite.

Il reste pour déterminer Qo et X les deux équations du 1er degré.

$$Q_o \int_{\alpha}^{180-\alpha} ds - \tfrac{1}{2} p \int_{\alpha}^{180-\alpha} x(2l-x)\,ds - X \int_{\alpha}^{180-\alpha} y\,ds = o$$

$$Q_o \int_{\alpha}^{180-\alpha} dx - \tfrac{1}{2} p \int_{\alpha}^{180-\alpha} x(2l-x)\,dx - X \int_{\alpha}^{180-\alpha} y\,dx =$$

Les coefficients de Qo, p, et X, ne présentent aucune difficulté. Les valeurs de cinq d'entre eux, en particulier, se reconnaissent immédiatement.

9° On remarque que l'équation (A) est un cas particulier de l'équation

$$\left.\begin{aligned} &\frac{Q_o(2l-x)+Q_1 x}{2l} - Q - \frac{1}{2l}(2l-x)\int_0^x px\,dx \\ &\qquad - \frac{1}{2l}\,x\int_x^{2l} p\,(2l-x)\,dx \pm Xy \end{aligned}\right\} = o$$

qui comprend les ponts à poutres droits, les ponts en arc, les ponts suspendus, et la chaînette. On peut encore l'appliquer aux piliers.

M. LE PRÉSIDENT reproche à cette méthode de s'appuyer sur l'indépendance absolue de l'arc; or, ce n'est qu'une abstraction mathématique, si on considère les ponts du système généralement employé aujourd'hui : car il est impossible, dans ces ouvrages, de ne pas tenir compte du travail du longeron et de la rigidité des tympans. La déformation élastique ne peut pas non plus être négligée ; elle amène des déviations considérables de la ligne des pressions, qui conduisent à donner une grande hauteur aux voussoirs de naissance.

M. le Président, tout en louant l'idée de ramener le calcul des ponts en arc à des quadratures de surfaces, engage M. Bertot à étendre sa méthode au système de construction qui a seul subsisté aujourd'hui.

M. BERTOT répond que des travaux analytiques très importants ont déjà été faits sur la stabilité des arcs considérés indépendamment des tympans; il a cru utile, en conséquence, d'exposer une méthode qui simplifie beaucoup plus les calculs de cette espèce d'ouvrage.

Quant aux ponts en arc à tympans rigides, il les considère simplement comme des poutres.

Il ajoute qu'il s'occupe en ce moment de la stabilité des combles, et qu'il communiquera à la Société les résultats obtenus.

SÉANCE DU 19 NOVEMBRE 1858.

Présidence de M. FAURE, *vice-président.*

M. BARROUX a la parole pour compléter la communication qu'il a faite à l'avant-dernière séance, relativement à son système de voie en fer.

Il expose que, dans son premier projet, il avait donné au support continu une résistance transversale suffisante pour que, le poids d'une roue motrice étant appliqué en un point quelconque, ce poids se répartît sur une surface égale à celle d'une demi-traverse environ, et qu'eu égard à cette condition, il avait pensé que le rail, se trouvant réduit au rôle d'une simple surface de roulement, pouvait alors être réduit au minimum de poids.

La justesse de ce point de vue lui ayant été contestée en ce qui concerne la réduction du poids du rail, parce qu'elle est trop contraire à ce que la pratique a aujourd'hui consacré, il dit qu'il est facile d'en tenir compte sans altérer en rien le principe unique qui a été son point de départ, savoir : la répartition du poids maximum sur la surface de ballast reconnue nécessaire pour le supporter, soit la surface d'une demi-traverse.

Il présente alors à la Société le dessin d'une voie dans laquelle il emploie le rail Vignole avec son poids ordinaire de 25 à 30 kil., appuyant par sa base sur un fer plat de $0^{m}.25$ de largeur, et de 7 à 8 millim. d'épaisseur, maintenu avec les mêmes moyens d'attache et d'éclissage que dans le premier projet, mais avec l'addition de quelques appendices rivés au-dessous de distance en distance, pour s'opposer aux ripements provoqués par les mouvements de lacet. Il indique alors qu'un rail de ce poids, pouvant être posé sur traverses, possède la résistance transversale suffisante pour répartir la charge sur un mètre au moins de longueur, et que, dès lors, il devient inutile de donner au support continu une résistance qui ferait double emploi avec celle du rail; qu'il faut et qu'il suffit que ce support élargisse la surface d'appui ainsi qu'il a été dit précédemment, et que ce résultat lui paraît atteint au moyen d'une largeur de $0^{m}.25$ donnée à la surface d'appui.

Dans ces conditions le poids du fer plat sous le rail serait de 14 à 15 k. par mètre; en y ajoutant celui des accessoires d'attache, d'arrêt contre le ripement et de liaison des deux files de rails entre elles, on arriverait tout au plus à 20 kil., soit, par mètre courant de voie, 40 kil. de fer, dont le prix

serait de 12 à 13 fr., c'est-à-dire celui d'une traverse montée, moins l'éclissage, qui est inhérent au système d'attaches.

M. LE PRÉSIDENT dit que les modifications proposées paraissent heureuses, qu'elles se rapprochent des conditions d'établissement aujourd'hui usitées, et qu'il serait à désirer qu'un essai de ce système fût fait.

L'ordre du jour appelle une communication de M. Gaudry sur l'explosion d'une locomotive, dont il a étudié sur place les circonstances.

La machine détruite était une locomotive à marchandises du type ordinaire, à 6 petites roues couplées. Elle avait parcouru déjà 32,000 kilomètres, dont 4,000 depuis sa dernière sortie des ateliers de réparation. Elle venait de parcourir 120 kilomètres en tête d'un train de charge ordinaire, lorsqu'après 1 heure 10 minutes de garage au milieu de la nuit, le mécanicien siffla vivement pour appeler le chef de train et demander le signal du départ. Au même instant l'explosion eut lieu avec une violence dont on ne retrouverait peut-être pas un second exemple. Les deux côtés de la voie étaient couverts de débris.

La détonation a été entendue à 36 kilomètres de distance; une pluie de ballast couvrit la station éloignée de 500 mètres. Le chauffeur était tué, le mécanicien blessé, la machine littéralement cassée en deux, enfoncée dans le sol jusqu'au moyeu des roues avec la voie. Le mécanisme était broyé; mais la boîte à fumée et tout le foyer proprement dit étaient intacts et à leur place. Les tubes étaient à peine aplatis; un seul était arraché.

Il n'existe aucun témoin de l'accident, sauf le mécanicien, qui ne se rappelle rien, et contre lequel les enquêtes n'ont relevé aucune charge.

Passant ensuite à la recherche présumée des causes de l'accident, M. Gaudry dit qu'en l'absence de tout témoignage et moyens d'investigation sur une machine détruite, on ne peut émettre que des conjectures. Son étude se bornera donc à chercher, parmi les causes connues d'explosion de chaudières, quelle est celle qui se trouve le mieux en concordance avec les circonstances de l'événement.

Un retour d'eau sur la surface de chauffe mise à sec produit, en général, ces explosions.

Mais M. Gaudry démontre que l'eau n'a pas manqué dans la chaudière, et que cette cause, qui explique un grand nombre de sinistres, ne peut être invoquée dans l'espèce.

A moins de chercher cette cause parmi les hypothèses de décharges électriques des déflagrations de gaz, que M. Gaudry croit peu admissibles, il ne lui reste plus à supposer qu'une accumulation naturelle de vapeur, la chaudière étant hermétiquement close; ce qui suppose un calage de soupape de sûreté. Mais il se hâte de dire que l'enquête n'a pas découvert la moindre trace de ce calage, contre lequel proteste le mécanicien, et qu'on ne pourrait donc attribuer qu'à un accident inconnu, tel qu'un coincement des soupapes rentrant de travers dans leur siége, ou la chute d'un corps obturateur des balances au passage d'un tunnel ou d'un pont; coincement ou obturation qui ne sont pas sans exemple, et qui auraient disparu dans la secousse produite par la projection des soupapes et de leur siége à 165 mètres de distance.

On objecte que les explosions de chaudières par le fait d'une accumulation progressive et lente de vapeur ne se traduisent qu'en une simple crevure, bien différente de l'éclat général, comparable à celui d'une bombe, qui a caractérisé la catastrophe en question. Mais, dit M. Gaudry, cette crevure n'a lieu que dans les chaudières qui ont des parties corrodées ou mal consolidées. Si l'on suppose, au contraire, que celle-ci est partout également solide, la pression explosive y devient énorme, les ressorts moléculaires de métal se tendant à leur dernière limite; et l'on sait que, dans ce cas, le moindre effort rompt l'équilibre. Il ne reste donc, pour expliquer l'événement, qu'à chercher la cause de ce faible effort qui a pu déterminer le brisement.

Or, un vif coup de sifflet a précédé la catastrophe; ce n'est qu'une légère cause d'ébranlement, mais ce n'est pas la première fois qu'une manœuvre, insignifiante en elle-même, apparaît comme la cause non pas directe, mais déterminante, d'une explosion.

Après avoir démontré que les circonstances de l'événement relaté n'ont rien de contradictoire avec la supposition d'une accumulation progressive et lente de la vapeur, M. Gaudry discute les hypothèses de décharge électrique et de déflagration d'hydrogène. La première ne lui paraît pas soutenable, du moins en ce qui concerne les locomotives.

Quant à la décomposition de l'eau et à la mise en liberté de l'hydrogène, ce sont des hypothèses très probables dans une chaudière de locomotive: car, par ses nombreuses pièces de métaux différents en contact, elle est une véritable pile galvanique, dont les éléments, très faibles s'ils sont isolés, sont assez nombreux pour que leur somme ne soit pas dénuée d'énergie.

On peut croire que des faits de cette nature se sont produits dans la chaudière éclatée : en effet, du côté de la boîte à fumée, les tôles sont couvertes d'une forte couche d'oxyde qui diminue graduellement en allant vers le foyer, où l'on n'en voit plus que de très légères traces. D'autre part, c'est vers le foyer que l'on constate la plus grande somme de désordre.

Il reste néanmoins plusieurs graves difficultés qui empêchent d'expliquer ainsi la catastrophe. En effet, quelle a pu être la cause déterminante de l'action inflammatoire du gaz? D'où est venu l'air ou l'oxygène nécessaire à la détonation? A la rigueur, on expliquerait encore l'action inflammatoire par une étincelle électrique analogue à celles que produit la machine d'Armstrong et résultant du coup de sifflet dont il a été parlé. Quant à l'air, il n'a pu en entrer dans la chaudière.

Enfin la détonation a dû être, dans cette hypothèse, accompagnée d'une vive lumière, que n'ont remarquée aucune des personnes qui étaient sur le quai de la station. Cependant cette hypothèse de déflagration du gaz est la seule qui, parmi les causes d'explosion connues, se présente pour expliquer la catastrophe, si on écarte celle d'une accumulation naturelle de vapeur dans la chaudière, hermétiquement close.

M. Gaudry fait quelques observations touchant la pratique de la construction des machines, déduites des faits ci-dessus constatés; il signale à l'attention certains agencements vicieux des soupapes, en remarquant qu'il importe que celles-ci restent toujours visibles.

Enfin il ressort de la comparaison des explosions en général que celles-ci peuvent être dues souvent à des manœuvres que l'on pourrait croire insignifiantes, mais qui peuvent devenir des causes déterminantes si elles ont toutes lieu au moment où la vapeur a pu atteindre une tension trop supérieure à la tension normale; d'où M. Gaudry tire cette conclusion, que l'abstention absolue des manœuvres est la première règle à prescrire aux mécaniciens quand ils soupçonnent un danger.

M. Gaudry remarque, en terminant, qu'au milieu des désordres inouïs qui se sont produits, les tubes, les surfaces planes de la chaudière, en un mot les parties dont la solidité a semblé longtemps contestable, sont précisément celles qui ont le mieux résisté; d'où il suit que l'accident lui-même prouve que la locomotive présente de remarquables garanties de sécurité lorsqu'elle est bien construite et bien gouvernée, et que l'explosion d'une des 3,000 locomotives qui existent en France en service courant n'est certainement qu'un accident isolé dont l'absence de moyens d'investigation empêche seule de déterminer la cause et les mesures préventives.

M. LE PRÉSIDENT conteste le mode d'évaluation de la tension au moment de l'explosion indiquée par M. Gaudry; il ne pense pas qu'on puisse déterminer cette tension par la somme des résistances des pièces brisées, attendu que, généralement, les ruptures ne sont pas simultanées, mais successives, si courts que soient les instants successifs.

M. GAUDRY répond que la somme de toutes les résistances donnerait un chiffre bien plus élevé que les 35 atmosphères qui, d'après les expériences de M. Fairbairn, représentent seulement la résistance d'un foyer semblable à celui de la machine de l'Est. Il a négligé la rupture des longerons et entretoises du châssis, celle d'un des essieux moteurs, etc.

M. LE PRÉSIDENT remarque que beaucoup d'explosions ont eu lieu à la suite de manœuvres tout à fait étrangères, en apparence, à ces accidents. On ne peut donc nier absolument, dans l'espèce, l'influence possible du coup de sifflet comme cause déterminante. Mais la cause principale n'est pas indiquée par M. Gaudry, qui s'est borné à examiner les causes diverses d'explosion.

UN MEMBRE ne croit pas qu'on puisse considérer la formation de mélanges gazeux détonants et le développement de l'électricité comme des faits étrangers à toutes les explosions. Il cite le cas d'une chaudière vide où l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau détermina une explosion. Quant à l'électricité, il s'en développe d'énormes quantités par la vaporisation, comme on le constate avec la machine d'Armstrong, et, bien qu'une machine locomotive paraisse en bonne communication avec le sol, il peut cependant arriver que cette communication soit momentanément insuffisante; il indique, comme exemple, le fait qu'un mécanicien a reçu une commotion sur une machine en marche

Bien qu'il ne puisse pas expliquer la présence d'un mélange détonant dans une machine en marche, il admet la possibilité de la détonation d'un tel mélange par l'étincelle électrique. Il ajoute que, dans cette hypothèse, la manœuvre du sifflet, en produisant un appel de gaz du côté où partirait l'étincelle, pourrait déterminer la détonation.

UN AUTRE MEMBRE est d'avis qu'il faut peut-être chercher des causes étrangères à la force élastique de la vapeur pour expliquer certaines explosions. Il signale, à l'appui de cette opinion, un accident de cette nature dont il a eu à s'occuper. Un bateau à vapeur était sur le point de partir, les soupapes soufflaient légèrement, lorsque la partie paraissant, par sa forme, la plus résistante de la chaudière, le corps cylindrique formant réservoir de vapeur qui entourait la cheminée, fut subitement déchirée en plusieurs points. La machine avait été visitée récemment, il croit, la veille, par la commission de surveillance de la navigation; les soupapes étaient en parfait état, le niveau d'eau normal; rien en un mot ne pouvait expliquer cet étrange accident, lorsqu'il fut mis sur la voie par une circonstance en apparence insignifiante : le mécanicien avait l'habitude, après chaque nettoyage, d'enduire les parois intérieures de la chaudière avec la graisse tombée des machines, dans le but d'éviter l'adhérence des dépôts. Or, au dernier nettoyage, on en avait mis une très grande quantité : il était donc naturel de supposer que l'excès de cette graisse, venant à la surface de l'eau, s'y était décomposé sous l'influence de la chaleur résultant du passage de la cheminée, en donnant naissance à des gaz pouvant détoner à la température de la cheminée.

M. GAUDRY ne croit pas que l'explosion qui fait l'objet de sa communication puisse être attribuée à une cause analogue, attendu que la locomotive avait parcouru 4,000 kil. depuis le dernier nettoyage.

LE MÊME MEMBRE répond qu'il n'entend pas établir d'analogie entre les deux accidents, mais appeler seulement l'attention sur la nécessité de ne négliger aucune circonstance dans l'étude des causes des explosions. Il fait observer toutefois que l'exagération de la pression due au calage accidentel ou volontaire des soupapes paraît inexplicable, en raison de la conservation des parties les plus faibles de la chaudière. Certains chauffeurs mettent de la graisse ou de l'huile dans les locomotives pour éviter le crachement, et peuvent ainsi y introduire les éléments des gaz détonants; dans ce cas, et surtout pendant le stationnement, il lui semble possible que la chaleur nécessaire pour déterminer la combinaison de ces gaz se transmette à travers les parties métalliques épaisses, comme les entretoises du foyer. L'enquête pourrait être dirigée de ce côté,

M. THOYOT, ingénieur des ponts et chaussées, trouve, dans la violence des désordres constatés sur la voie de fer, un motif d'attribuer l'accident à une cause étrangère à la tension exagérée de la vapeur.

LE MÊME MEMBRE revient sur la cause qui peut donner naissance à un mélange gazeux détonant. Il explique que la décomposition des graisses produit les principaux éléments d'un tel mélange.

Sur l'invitation du Président, le même membre présente quelques considérations pour expliquer une circonstance constatée dans un grand nombre d'explosions, le soulèvement de la chaudière Lorsque le niveau descend plus bas que la surface de chauffe, la vapeur peut arriver rapidement à une température de 400 ou 500 degrés, et elle acquiert ainsi une surélévation de pression de 2 ou 3 atmosphères, qui empêche l'ébullition. Il suffit alors d'une cause très légère, l'introduction d'une très petite quantité d'eau, par

exemple, pour produire presque instantanément la condensation de la vapeur surchauffée, et par suite un vide relatif. Alors, la masse d'eau restant dans la chaudière peut être soulevée brusquement et venir donner un coup de bélier contre la paroi supérieure; on conçoit que ce coup de bélier soulève la chaudière, en déterminant en même temps sa rupture. On cherche souvent à expliquer ces explosions par la diminution de résistance de la tôle dans les parties émergées qui peuvent rougir. Or, des expériences faites en Amérique, et qu'il a eu occasion de vérifier, prouvent que cette diminution est, en effet, peu considérable.

Un Membre cite les expériences de M. Fairbairn, desquelles il résulte que la résistance du fer, atteignant son maximum à 100 degrés, décroît rapidement au delà de cette température.

M. le Président indique que M. Belanger a trouvé, par une analyse très intéressante, que la moindre déformation dans le corps cylindrique d'une chaudière amène une diminution considérable de résistance. Ce résultat pourrait expliquer comment un commencement de rupture en un point amène une rupture dans d'autres points.

La discussion étant close, M. le Président remercie M. Gaudry de son intéressante monographie.

L'ordre du jour appelle la lecture d'un mémoire de M. Benoit Duportail sur des essais qu'il a faits aux ateliers des chemins de fer de l'Ouest, sur l'application des presses hydrauliques à la fabrication du fer et aux travaux de forge et de chaudronnerie en général.

Ces essais ont eu pour but de s'assurer de l'efficacité des presses hydrauliques pour produire le soudage du fer, leur emploi à tous les travaux d'emboutissage et d'étampage ne laissant aucun doute dans son esprit.

M. Benoit Duportail a fait souder d'abord deux bouts de fer, non amorcés, de 36 millim. de côté, après les avoir chauffés au blanc soudant, entre le piston et le sommier d'une presse hydraulique à caler les roues. L'opération s'est faite avec une facilité remarquable; le fer se pétrissait, se moulait, en quelque sorte, comme une pâte, et venait s'étaler des deux côtés pendant que la pression agissait.

La compression a été arrêtée lorsque l'épaisseur, à l'endroit de la soudure, a été à peu près égale à l'épaisseur des barres.

Après le refroidissement, on a coupé la pièce en deux, pour voir et éprouver la soudure. L'aspect de la soudure était très beau; pour l'éprouver, on a placé une des moitiés sous un pilon de 1,800 kilogr., et frappé trois fois sur champ, à froid. La section qui avait d'abord $70^{mm}/38^{mm}$ s'est trouvée ramenée à $58^{mm}/42^{mm}$, la soudure était devenue apparente au deuxième coup seulement, et elle ne s'était pas ouverte complètement au troisième; il a fallu, pour séparer les morceaux, présenter une tranche à l'endroit où la ligne de soudure s'était déclarée, et donner plusieurs coups de marteau à devant. Malgré la fatigue que cet échantillon éprouva, on reconnaît aisément que la soudure est bonne, et les surfaces lisses et mattes que l'on voit sur une partie de la section sont dues au glissement de ces surfaces les unes contre les autres.

On a pris ensuite deux morceaux de fer carré de 50^{mm} de côté et de

0m.190 de longueur, coupés carrément, et, après les avoir chauffés au blanc soudant, on les a serrés l'un contre l'autre à la presse hydraulique.

La pompe avait été manœuvrée trop tôt, l'ouvrier chargé de la soudure n'a pas eu le temps de bien présenter les bouts l'un en face de l'autre, et l'un des morceaux s'est trouvé déporté par rapport à l'autre; en outre, la croisure a été de 100mm environ au lieu de 40mm seulement qu'il aurait fallu.

L'opération a été arrêtée presque immédiatement; mais une compression de quelques millimètres et de quelques secondes avait suffi pour opérer la soudure, et les morceaux ne se séparèrent pas lorsqu'on les fit glisser l'un sur l'autre en faisant agir la presse latéralement pour ramener les faces dans un même plan.

Il a fallu, pour les arracher après refroidissement, les poser sur des tasseaux distants de 220mm environ, et donner deux coups du pilon de 1,800 kil. tombant d'abord de 0m.500, et ensuite de 0m.700. Les arrachements qui se sont produits ont prouvé que la soudure était bien faite.

On a soudé de même à la presse hydraulique deux bouts de fer de même échantillon; l'opération a parfaitement réussi en ce qui concerne le soudage; la presse n'étant pas installée pour parer la pièce, on s'est borné à couper à la tranche une forte bavure qui s'était produite au soudage, sans la toucher au marteau.

On a soudé dans les mêmes conditions deux morceaux de 45mm de côté.

Enfin, on a fait souder au marteau de devant, avec le plus grand soin, deux autres morceaux de 45mm, auxquels on a donné une seconde chaude pour parer la soudure, afin que l'opération fût faite dans les meilleures conditions.

Après refroidissement, les trois pièces ont été placées sous le pilon, supportées par deux tasseaux distants de 0m.290, et ont reçu le choc au moyen d'un troisième tasseau placé au-dessus et au milieu. Dans les trois cas, la rupture a eu lieu en plein fer, perpendiculairement à la soudure.

Ces essais, quoique imparfaits, sont assez concluants au point de vue de la soudure.

Quant à l'emploi de la presse hydraulique pour l'étampage, M. Benoit Duportail a pensé qu'il était inutile de faire des essais à ce point de vue, parce qu'il lui a paru impossible de douter de son efficacité en voyant la facilité avec laquelle le fer se pétrit sous l'action de la pression.

M. Benoit Duportail fait observer que l'application de la presse hydraulique aux travaux de forge et de chaudronnerie et à la fabrication du fer répond à un besoin actuel de l'industrie, par suite de l'insuffisance et, pour ainsi dire, de l'impuissance des marteaux-pilons, non pas parce qu'on leur donne des dimensions trop restreintes, mais à cause de leur mode d'action.

En effet, la presse hydraulique produit une pression permanente et en quelque sorte indéfinie, capable d'opérer convenablement le soudage aussi bien à cœur, c'est-à-dire dans l'intérieur, qu'à la partie extérieure, tandis que le choc n'agit que sur une faible épaisseur, d'où il résulte qu'il est impossible d'obtenir avec les marteaux des pièces de fortes dimensions de bonne qualité.

Il indique les dispositions qu'il croit nécessaire d'appliquer aux presses hydrauliques pour les rendre propres aux nouveaux usages dont il vient de parler. Il faut d'abord leur donner une forme analogue à celle des marteaux-pilons ; le corps de la presse doit être vertical, et le piston doit agir de haut en bas sur l'enclume, pour faciliter les manœuvres. Pour triompher de la lenteur de l'appareil, il convient de faire usage d'un réservoir supérieur qui, au moyen d'un tuyau d'un très gros diamètre, remplit promptement le corps cylindrique et amène le piston en contact avec la pièce à forger ou à emboutir ; il conviendra ensuite d'opérer la pression au moyen d'une pompe marchant mécaniquement ; il faut, en outre, adopter un moyen de rappel qui permette au piston de se relever promptement lorsque l'opération est terminée.

L'emploi de la presse hydraulique doit procurer des avantages importants, soit au point de vue de la commodité et de la simplicité, soit au point de vue de l'économie et de la perfection du travail.

D'abord, l'action continue de la presse hydraulique, pendant tout le temps qu'on juge convenable de l'exercer, assure d'une manière complète le soudage à cœur quand le réchauffage a été bien fait, et elle donnera au fer une texture homogène et uniforme, un grain serré dans toute la masse.

Elle permettra d'amener les pièces à des dimensions rigoureuses, d'une seule passe, et par conséquent d'une seule chaude.

Les appareils eux-mêmes, n'exerçant que des efforts de pression, au lieu de donner des chocs, seront bien moins altérés, coûteront moins d'entretien et dureront plus longtemps ; en outre, leur prix d'établissement sera beaucoup moindre que le prix d'établissement des marteaux-pilons, auxquels il faut donner des masses énormes et qui exigent des chaudières et autres accessoires d'un prix considérable.

En terminant, M. Benoit Duportail fait remarquer que, si une partie des nombreuses applications que peut recevoir la presse hydraulique ne donnent pas des résultats aussi heureux qu'on pourrait l'espérer *a priori*, il y en a certainement une partie qui est appelée à rendre des services à l'industrie.

Un Membre indique que la presse est employée avec succès, dans l'usine de M. Girard, à l'emboutissage des tôles.

M. le Président félicite M. Benoit Duportail de la persévérance avec laquelle il a poursuivi les essais si intéressants dont il vient de rendre compte. Il fait remarquer que, pour la soudure au moins, ce procédé est tout à fait nouveau, et paraît avoir beaucoup d'avenir.

MM. Desbrière, Brull, Muller (Alfred) et Pollet, ont été reçus membres de la Société.

SÉANCE DU 3 DÉCEMBRE 1858.

Présidence de M. Nozo, *vice-président.*

L'ordre du jour appelle le compte rendu de M. Emile Barrault sur l'ouvrage de M. Emile With intitulé : *Traité de la construction des chemins de fer.* A l'occasion d'un des passages de ce rapport, relatif à l'emploi de l'acier fondu dans le matériel des chemins de fer, un membre déclare qu'en Allemagne, loin de généraliser cet emploi, comme on pouvait s'y attendre il y a peu de temps encore, il paraît se produire aujourd'hui chez les constructeurs une certaine hésitation, et même, pour certaines pièces, un véritable retour à l'emploi du fer souvent cémenté et trempé. En France les idées ont suivi à peu près la même marche; toutefois, chez nous, la réaction se montrera peut-être moins hésitante en tant qu'on la rapporte à l'emploi des aciers dits *puddlés-fondus*, à peu près les seuls, du reste, qu'on ait tenté d'introduire sérieusement dans la construction des pièces du matériel roulant des chemins de fer.

La fabrication de ces aciers, en effet, si intéressante à beaucoup d'égards, laisse encore pas mal à désirer sous le double rapport de la régularité et de l'homogénéité. La presque impossibilité de faire des soudures ou tout au moins de les garantir, la faible supériorité de résistance comparée à celle des meilleurs fers, la grande différence dans les prix, rapprochées des bons résultats que donnent les pièces en très bons fers à grains cémentés et trempés, paraissent devoir être de sérieux obstacles à la vulgarisation des aciers *puddlés-fondus* pour pièces mécaniques.

Les avantages que pourraient présenter les aciers *puddlés-fondus* paraissent devoir être encore plus douteux lorsqu'il s'agit de grosses pièces. Ainsi, par exemple, pour les essieux, si l'*élasticité* est plus grande avec les aciers, on peut dire que la *malléabilité* est moindre; en un mot, l'essieu en acier *puddlé-fondu* paraît disposé à rompre sans plier, mais sous des efforts ou des chocs bien plus considérables que ceux qui déforment les essieux en fer; les essieux en fer plient sans rompre, mais sous des efforts ou chocs de beaucoup au-dessous de ceux qui altèrent la forme des essieux en acier *puddlé-fondu*.

A l'occasion d'un autre passage du livre de M. With, le même membre dit que l'accouplement par engrenage, qui forme l'un des caractères distinctifs des locomotives, système Engerth, n'a pas été sanctionné par l'expérience. Le principal motif de l'abandon de cette disposition gît dans l'impossibilité de lui assurer une durée suffisante. Les engrenages, soit en acier corroyé, soit en acier fondu, grippent, s'usent inégalement et amènent une mise hors de service assez rapide.

On verra là encore un fait qui vient s'ajouter à ceux qui précèdent dans les difficultés qu'on rencontre lorsqu'on veut appliquer l'acier fondu à la construction des locomotives.

Ces observations ne doivent pas être considérées comme une critique de l'ouvrage de M. E. With, mais seulement comme une preuve de la difficulté de se tenir constamment au courant dans une science pratique qui marche aussi vite que celle des chemins de fer.

L'ordre du jour appelle ensuite le compte rendu, par M. Alcan, de l'ouvrage du général Poncelet intitulé : *Rapport fait au jury international de l'Exposition de Londres sur les Machines-Outils employées dans les manufactures* (1re partie, *Matières textiles*).

Il est décidé qu'on renverra au Bulletin trimestriel le plus prochain ce compte rendu, ce mémoire à la fois analytique et complémentaire de l'ouvrage historique et monographique du savant général, que la Société s'honore de compter parmi ses membres.

Un Membre, à l'occasion de l'important travail dont M. Alcan vient de donner lecture, croit qu'il est juste, et utile peut-être, de rappeler à la Société des ingénieurs que M. Alcan, en consacrant près de vingt-cinq années de sa vie à l'étude de la magnifique spécialité des industries qui emploient les matières textiles, a su, en même temps qu'il rendait des services signalés à ces industries, conquérir dans ces matières une autorité incontestée. Aussi le travail qui vient d'être lu a-t-il, à bon droit, un caractère tout spécial d'étude compétente et parfois complémentaire.

Relativement à la sollicitude avec laquelle l'illustre général Poncelet a voulu revendiquer les droits de la France dans le domaine de l'invention appliquée à la mécanique de ces industries, il est bon de rappeler que M. Alcan a, depuis des années déjà, et l'un des premiers, signalé l'immense mérite de Philippe de Girard.

A ce sujet, il y a lieu peut-être de s'étonner moins qu'on ne l'a fait en présence de ce fait regrettable à tous égards, que les Anglais aient pu s'approprier par la pratique les idées de Ph. de Girard. En effet, dit-il, il fallait, pour développer et féconder les grandes pensées de cet homme de génie, un concours de circonstances économiques et mécaniques qui s'est trouvé mûr déjà en Angleterre, quand la France était relativement bien peu avancée dans les mêmes voies de la construction des machines-outils et de la production mécanique.

Le même Membre rappelle, d'après un ensemble de faits qui lui a jadis été signalé par M. Alcan lui-même, que la recherche de la paternité en matière

d'invention dans l'industrie textile pourrait quelquefois être appliquée avec succès, non-seulement entre des hommes ayant une nationalité distincte, mais encore entre les inventeurs d'un même pays. C'est ainsi, par exemple, que le métier qui a immortalisé le nom de Jacquard a emprunté à Vaucanson son principe essentiel. Jacquard a eu un mérite aussi grand et plus rare peut-être que celui qui consiste à inventer : il est arrivé à Paris avec des idées et un système préconçus ; mis en présence des modèles laissés par Vaucanson, il a su y découvrir l'organe essentiel qui sert de donnée première, de principe vital, au métier Jacquard tel qu'on le connaît aujourd'hui. Dès lors Jacquard a eu le courage d'oublier toutes ses combinaisons premières pour concentrer ses études dans le perfectionnement d'une idée dont le germe appartenait à Vaucanson.

M. Alcan, en acceptant pour une très grande partie les considérations ci-dessus, entre dans des détails d'un intérêt très vif sur les inventions de Philippe de Girard, sur le métier dit de Vaucanson, et enfin sur l'emprunt fait à ce dernier par Jacquard, qui sut emprunter à la manière des hommes de génie, c'est-à-dire en créant à la suite d'une idée première, tombée dans l'oubli, l'une des plus belles et des plus utiles conceptions mécaniques qui aient été réalisées.

SÉANCE DU 17 DÉCEMBRE 1857.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE.

Présidence de M. Eugène Flachat

La parole est donnée à M. Loustau, trésorier, pour l'exposé de la situation financière de la Société.

M. Loustau indique que le nombre des sociétaires, qui était, au 18 décembre 1857, de 450
s'est augmenté, par suite de nouvelles admissions, de 49

Ce qui porte ce nombre, au 17 décembre 1858, à 499
Décédés, démissionnaires et rayés 14

Reste. 485

Les versements effectués pendant l'année 1858 se sont élevés à	11,951 fr.	30 c.
Il reste à recouvrer, en cotisations ou amendes . .	7,684	»
Formant le total de ce qui était dû à la Société . .	19,635	30
Au 18 décembre 1857, le solde en caisse était de. .	2,700	25
Les versements pendant l'année 1858 se sont élevés à	11,951	30
Total.	14,651	55
Les dépenses de l'année 1858 se sont élevées à . .	12,088	60
Solde en caisse au 17 décembre 1858.	2,562	95

M. LE PRÉSIDENT met aux voix l'approbation des comptes du trésorier. Ces comptes sont approuvés.

LE PRÉSIDENT adresse au trésorier, au nom de la Société, des remerciements pour sa bonne et active gestion.

Il est ensuite procédé aux élections.

Les élections ont donné le résultat suivant :

BUREAU.

Président : M. Faure (Auguste) ✻.

Vice-Présidents : MM. Vuigner (Emile) O ✻.
Nozo (Alfred) ✻✻.
Alcan (M.) ✻.
Petiet (Jules) O ✻✠✻✻.

Secrétaires : MM. Ser (L.).
Peligot (Henri).
Guillaume.
Benoit Duportail.

Trésorier : M. Loustau (Gustave) ✻.

COMITÉ.

MM. Degousée ✻.
Barrault (Alexis) ✻.
Laurent (Charles).
Salvetat ✻.
Forquenot.
Thomas (Léonce) ✻.
Yvon-Villarceau ✻✻.
Alquié.
Callon (C.) ✻.
Chobrzynski ✻.

MM. Flachat (Eugène) O ✻ ✻.
Bergeron.
Polonceau (C.) O ✻.
Mathias (Félix) ✻✻✠✻.
Laurens ✻.
Molinos (Léon).
Yvert (Léon).
Houel ✻.
Trélat (Emile) ✻.
Breguet ✻.

Étude analytique par M. ALCAN

DU

RAPPORT SUR LES MACHINES ET OUTILS EMPLOYÉS DANS LES ARTS TEXTILES ADRESSÉ A LA COMMISSION FRANÇAISE DU JURY INTERNATIONAL DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE LONDRES EN 1851,

Par M. le général PONCELET

La Société m'a chargé de lui rendre compte du Rapport fait par M. le général Poncelet, comme membre du jury de l'Exposition universelle de Londres, en 1851, *sur les machines et outils appliqués aux arts textiles;* je vais essayer de remplir la tâche qui m'est confiée.

Quoique la partie historique domine et doive dominer dans ce travail, conformément au programme que s'est imposé la Commission française, l'œuvre dont nous nous occupons n'en contient pas moins de nombreuses descriptions techniques, des analyses comparées et des aperçus dignes du savant académicien auquel la science de l'ingénieur est si redevable.

J'appelle tout d'abord votre attention sur quelques pages de considérations générales, placées en tête de l'ouvrage, dans lesquelles l'auteur fait ressortir l'immensité de sa tâche et les sentiments qui le dominent en l'entreprenant. Je ne crois pas me tromper en disant que, pour la première fois, la science fait entendre un langage aussi sympathique en traitant un sujet particulièrement aride et tout spécial. Ces considérations ont eu un grand retentissement; elles ne seront pas à l'avenir sans influence sur les études du

genre de celles qui font l'objet du présent compte-rendu. Elles ont, certes, une part sérieuse dans les témoignages d'estime éclatants et mérités dont les laborieuses recherches de notre illustre maître et membre honoraire de notre société ont été l'objet aussitôt après l'apparition de ce rapport.

Le travail entier sur les arts textiles ne remplit pas moins de 520 pages, et ne comprend cependant pas l'histoire de l'invention de toutes les machines qui les concernent. Il considère seulement les industries de la soie, du lin, des métiers à tisser. L'auteur s'en occupe de préférence, dit-il, « parce que ces matières textiles sont « non-seulement abondamment fournies par notre sol, non encore « en raison de l'ancienneté de la première (la soie), ou de la nou- « veauté de la seconde, mais parce qu'elles constituent en réalité « l'un des éléments principaux de notre prospérité nationale et de « nos titres incontestables à l'estime des autres peuples(*), tout « comme la production automatique du coton, la préparation ac- « célérée et économique de la fonte et du fer, l'établissement et le « perfectionnement des premières puissantes machines à vapeur « d'épuisement ou servant de moteurs, en quelque sorte indépen- « dants et universels, à toutes les autres machines ou agents méca- « niques; enfin, le perfectionnement, la multiplication des ma- « chines-outils aujourd'hui si nécessaires à la bonne et prompte « exécution des arbres de couches, roues dentées, et autres or- « ganes ou pièces d'ajustement en fer et en fonte; ces productions, « dis-je, ces créations immenses, qui ont centuplé nos forces « et transformé même notre industrie mécanique, constituent, aux « yeux de tous, l'honneur éternel de la Grande-Bretagne. »

Nous devons dire que, malgré la volonté de limiter la tâche à

(a) A ces titres l'on peut ajouter la création de la filature des laines peignées mérinos; l'Angleterre en est presque totalement privée, et la supériorité de la France est telle en ce point que les produits peignés entrent pour une grande part dans l'exportation des tissus de laine, qui s'élève annuellement à plus de 30 millions pour le Royaume-Uni.

certaines industries, des corrélations entre les moyens de transformation de celles-ci et ceux dont l'auteur n'avait pas l'intention de s'occuper, parfois un même point de départ, ont dû l'entraîner sur un domaine qu'il pensait tout d'abord ne pouvoir explorer. L'histoire industrielle et la technologie, loin de s'en plaindre, doivent regretter, au contraire, que ces explorations n'aient pas été plus étendues; et afin d'enlever à cette observation toute apparence de critique indirecte qui n'est pas dans notre pensée, permettez-nous de vous faire connaître, à notre tour, aussi brièvement que possible, l'étendue de la tâche entreprise par l'auteur.

Tout le mobilier industriel des arts textiles se composait, il y a deux tiers de siècle à peine, de quelques instruments d'une simplicité rustique. La carde et le peigne à main, le fuseau, le rouet et le métier à tisser, constituaient l'outillage employé indistinctement pour toutes espèces de substances fibreuses, excepté la soie. Pour celle-ci, il faut ajouter une sorte de dévidoir destiné à recevoir le fil des cocons ramollis dans l'eau chaude, et le métier à fuseaux pour les tordre. Les connaissances nécessaires à l'usage de ces outils étaient également très limitées, et restaient presque indépendantes de la nature des matières premières. Cet état de choses est bien changé; les fonctions du fuseau et du rouet ont été décomposées, réparties à des machines plus ou moins nombreuses, et, dût-on ne produire qu'un seul fil, une série de métiers est nécessaire pour atteindre le but. Or, ces machines, qui constituent un assortiment, diffèrent non-seulement d'une matière à l'autre, mais encore pour la même substance, suivant les caractères de la fibre et l'espèce de produits que l'on en veut former. C'est ainsi que le chanvre et le lin ont besoin de deux assortiments au moins, suivant que l'on opère sur les brins d'une certaine longueur ou sur les étoupes; nous disons au moins, car nous pourrions mentionner un assortiment intermédiaire. Pour le coton, substance plus uniforme dans ses caractères, il en est généralement de même depuis quelque temps; le genre de ma-

chines et l'assortiment diffèrent suivant que l'on opère sur les cotons ordinaires des États-Unis, en général destinés à des fils communs du n° 25 au n° 35, ou sur des fibres longues de la Géorgie, de l'Égypte et de notre colonie d'Afrique, pouvant donner d'une manière courante jusqu'à des n°s 200 métrique. Disons en passant que la création récente d'une machinerie ou outillage spécial pour le coton longues soies, est un grand progrès que le génie français doit revendiquer.

Le travail de la laine, que l'auteur n'a abordé qu'incidemment, constitue quatre grandes catégories : les tissus foulés et drapés, les étoffes rases, moelleuses et lisses, les produits carteux et brillants, enfin les étoffes légères, souples et couvertes. De là, les filatures de laine cardée, de laine peignée mérinos, de laine longue peignée et de cardé peigné, différant entre elles autant que s'il s'agissait de matières premières de natures diverses. Aux substances fondamentales que nous venons d'énumérer il faut ajouter des fibres d'un emploi plus récent : les poils de chèvre, les toisons de l'alpaca, de la vigogne, du chameau, etc ; dans le règne végétal, le *jute*, ou chorchorus, le *china grass*, la rhée, ou espèce d'urticée ; les fibres des yucas, du cocotier, de l'ananas, du palmier, etc. Certaines de ces substances forment des industries florissantes en Angleterre et aux États-Unis, et sont à peine exploitées chez nous. (Nous nous proposons d'examiner une autre fois la cause de cette différence préjudiciable à notre pays.)

La division si grande du travail est poussée plus loin encore ; plusieurs spécialités sont à leur tour subdivisées. C'est ainsi que le peignage de la laine forme à lui seul une industrie importante et séparée de la filature ; des usines immenses, exclusivement destinées à cette partie des préparations, existent dans les pays qui transforment la laine automatiquement ; de plus, différents systèmes de machines tendent au même résultat dans la même spécialité. Du choix ou de la combinaison du meilleur système, ou composition de l'assortiment, dépend le succès de l'usine.

Quoi qu'il en soit, et sans parler pour le moment des diverses branches de l'art du tissage, nous croyons en avoir dit assez pour faire apprécier l'état complexe de la question et la difficulté que présentait l'examen des titres de propriété aux inventions si nombreuses faites dans un laps de temps relativement court, si l'on envisage l'insuffisance des documents par suite des vices que présente encore aujourd'hui l'état civil des découvertes et des services rendus à l'industrie.

L'historiographe des machines appliquées aux arts textiles s'est donc trouvé en face de résultats immenses, attribués, à tort ou à raison, à quelques auteurs dont les noms, pour la plupart, sont arrivés à la postérité par le hasard ou une tradition si peu exacte, que les différentes nations s'attribuent tardivement l'honneur d'avoir donné naissance aux hommes de génie dont les découvertes ont changé la face du monde.

Ajoutons que le progrès est souvent la résultante de plusieurs œuvres réunies dont il est difficile de faire la part exacte à chaque composante ; et, lorsqu'une inspiration crée tout d'une pièce, elle devance, en général, les connaissances de son époque, et s'expose à passer provisoirement inappréciée sans que la société soit sciemment ingrate. Ces réflexions nous sont suggérées par l'introduction placée en tête du travail de l'auteur, sous le titre de : *Considérations générales, historiques et critiques, principalement relatives à la filature mécanique de la laine et du coton.* Le rouet à filer, si ingénieux par lui-même, si intéressant au point de vue de ses longs services, véritable embryon d'œuvres gigantesques, ne pouvait être estimé à toute sa valeur lors de son apparition ; de là le peu de certitude sur la date de l'invention et le nom de l'inventeur ; aussi le savant auteur n'admet-il qu'avec une juste réserve l'allégation allemande qui en fait remonter la création à 1530, et l'attribue à un habitant des environs de Brunswick. Ce doute, justifié par l'absence de documents suffisants, substitué à

une tradition trop légèrement admise, pourra-t-il servir d'avertissement, et contribuer désormais à la découverte de la vérité? Nous le désirons sans oser l'espérer.

La suite des considérations générales, consacrées aux inventeurs de la filature automatique, justifie ce que nous avons avancé il y a un instant au sujet de la multiplicité des titres dans la plupart des inventions. Tout en confirmant par l'autorité de son nom des droits incontestés, l'auteur cherche à préciser mieux qu'on ne l'a fait jusqu'ici la part de chacun dans l'ensemble de l'œuvre; et à côté des noms enfin populaires de Vaucanson, d'Arkriwgt, de John Kay, de Ph. de Girard, d'Hargraves, de Holdsworth, de Crampton, etc., il place le nom à peine connu de Paul Louis, filateur à Southampton, mais étranger à l'Angleterre, et auquel appartiendrait l'heureuse idée de l'étirage au moyen de cylindres lamineurs, ainsi que l'établit un brevet pris en Angleterre par ledit Paul Louis, le 24 juin 1738. En rapprochant la qualification d'étranger énoncée dans l'acte qui accompagne le brevet du nom français de Paul Louis, on est naturellement tenté de croire avec l'auteur que la France a sa part dans l'invention mémorable de la filature du coton, et, par conséquent, dans la filature automatique en général.

La première section de l'ouvrage embrasse les machines et outils à filer, mouliner, dévider la soie grége ou longue, et comprend 113 pages, subdivisées en trois chapitres : le premier traite de l'état ancien, ou antérieur à 1815; le deuxième, des perfectionnements réalisés depuis 1815 d'après les brevets délivrés aux auteurs; le troisième, de l'état présent et comparé de la filature mécanique des soies gréges.

Cette partie du travail, si aride par la nature du sujet, attendu qu'elle porte principalement sur des modifications de machines préexistantes et sur des détails de transmissions de mouvements exposées sans le secours de figures, est remarquable par la préci-

sion des descriptions, et par la discussion des moyens pour arriver à une régularité plus ou moins grande dans les résultats que l'on en doit espérer.

Les travaux de Vaucanson sur le filage et le moulinage y sont examinés et mis en lumière avec un soin religieux; les critiques dont ils ont été l objet sont appréciées à leur juste valeur; l'auteur rappelle que pour remplacer les courroies dans les usines à soie, Vaucanson a imaginé la chaîne qui porte son nom ainsi qu'une machine pour l'exécuter, et qu'on lui doit également l'*excentrique en cœur*, poussant une tige à contre poids de recul et à roulette de friction, appliqué aujourd'hui dans une foule de circonstances pour obtenir un mouvement doux de va et vient.

Nous remarquons dans l'exposition si détaillée des améliorations apportées aux machines qui transforment la soie : 1° le travail critique et rationnel des mémoires de Vaucanson, dont l'influence est plus certaine qu'avouée sur les recherches ultérieures; les modifications matérielles représentées par des modèles sortis du cabinet du célèbre ingénieur, et qui n'ont pas été dépassées par l'industrie actuelle; 2° ce fait si simple et si important de la substitution de la vapeur aux foyers directs pour le chauffage de l'eau des bassines, que l'on doit à Gensoul de Lyon, et qui a permis de supprimer une cause à la fois d'insalubrité, de dégât et d'irrégularité dans la production de la soie grége; 3° l'intervention de la vapeur comme force motrice, due un peu à tout le monde, qui a transformé en usines industrielles la plupart des ateliers domestiques qui fonctionnaient dans les conditions les plus désavantageuses. Cette heureuse intervention a contribué aux progrès généraux qui répondent aux conditions nouvelles imposées au travail manufacturier de notre temps. L'ensemble de ces modifications dans l'une de nos premières industries donne bien la clef du progrès réalisé si rapidement chez nous; mais elles ne suffisent cependant pas pour expliquer comment les produits sérigènes français ont passé du dernier rang, où ils étaient relégués au commencement du siècle, au

premier, qu'ils occupent aujourd'hui sur tous les marchés du monde, pour la qualité et la perfection.

Nous nous sommes souvent demandé comment, avec des moyens identiques et quelquefois supérieurs, les soies vendues en concurrence des nôtres sur la plupart des marchés sont généralement moins estimées; comment les industriels italiens, par exemple, nos anciens maîtres, toujours plus favorisés par le climat et la matière première, se sont laissé dépasser par la perfection de nos fils. Nous croyons en avoir trouvé les motifs : 1° dans les exigences croissantes des industriels français qui emploient la soie pour en faire ces nombreux articles sans rivaux ni concurrence sérieuse dans le monde; 2° dans les connaissances toutes spéciales, nécessaires aux producteurs pour répondre à ces exigences, et dans l'organisation intérieure des filatures françaises du premier ordre. N'a-t-il pas fallu des fils parfaits pour arriver à la supériorité incontestée dont les dernières expositions ont donné des preuves éclatantes? On a parlé avec raison du goût de l'industrie française, qui joue un si grand rôle dans tous ses articles de luxe. Mais le goût seul ne suffit pas pour expliquer le cachet spécial de nos belles soieries; leur imitation par l'industrie étrangère ne leur ressemble pas davantage que la copie d'une grande œuvre n'imite le tableau du maître. C'est que, pour exécuter une belle conception, il faut des moyens et des matériaux parfaits. L'artiste praticien connaît seul les qualités exceptionnelles qu'un fil de soie doit offrir lorsqu'il s'agit de tissus comme les beaux velours unis, les belles peluches, les magnifiques imitations de la taille-douce, les riches soieries pour ameublement, etc. La moindre irrégularité dans le volume, la plus petite ondulation sur la longueur, un manque d'adhérence des brins élémentaires, une variation dans l'élasticité ou la ténacité, sont autant de défauts assez graves, sinon pour rejeter ces produits d'une manière absolue, du moins pour faire subir aux fils et à leur producteur une marque d'infériorité. Dans les appréciations de cette nature, les moindres défectuosités entrent

en ligne de compte, et sont cotées comme les fautes d'une composition dans nos écoles, avec cette différence, que les étudiants peuvent, d'une composition à l'autre, reconquérir un bon rang, tandis que, dans l'industrie, il faut souvent des années d'efforts pour relever une marque faible. On conçoit quel stimulant résulte de ces faits qui se traduisent en chiffres, et tout ce que le filage de la soie a dépensé d'activité, d'intelligence et de soin pour atteindre le premier rang. Les plus hautes récompenses sont échues aux maisons qui y sont parvenues ; aussi l'organisation intérieure des ateliers est-elle particulièrement remarquable dans ces sortes d'usines. Les ouvrières, dont l'habileté, les soins et l'intelligence ont une si grande part dans les résultats, passent par un surnumérariat et un long apprentissage, sans toujours arriver à la perfection. Une surveillance des plus actives est exercée par des contre-maîtresses habiles. Les produits sont contrôlés par des vérifications de poids et de mesures jour par jour, et presque heure par heure. Et le résultat de ces vérifications, noté avec soin, mis sous les yeux de tous dans les établissements modèles, sert à classer le personnel par ordre de mérite.

Il va sans dire que ce système est indépendant des connaissances si délicates qui incombent au chef d'usine. Rien de plus variable que la nature des cocons ; elle change non-seulement avec les localités, les années, mais, dans une même contrée, pour une même chambrée. Le triage et l'assortiment bien entendus, appropriés au genre de produits que l'on a en vue, et des soins de conservation particuliers, sont indispensables : car la négligence de ces moyens, ou leur application inintelligente, peut devenir une cause de ruine.

Les pays comme l'Italie, n'étant que producteurs de la matière première, sans relations directes avec les industriels artistes qui la transforment, n'ont pas été soumis d'une manière aussi absolue aux conditions dont nous venons de parler, et sont restés en arrière sous le rapport des résultats. Ne pouvant nier cette infériorité relative, ils l'ont acceptée en s'efforçant de la compenser par la

question économique; pour en fournir la preuve, disons qu'une fileuse suffit, en Italie, pour quatre bouts; en France, elle peut à peine en surveiller deux. Ces causes, jointes aux progrès signalés par l'honorable général, et dont sont totalement privés les Orientaux et les Indiens, nous permettent d'espérer la durée de la suprématie des soieries françaises.

La deuxième section de l'ouvrage comprend les *machines à filer, à peigner le lin, le chanvre et les substances de contexture analogue.*

Les tentatives qui ont été faites avant 1810 pour filer automatiquement le chanvre et le lin se résument, d'une part, dans les moyens mécaniques, tous plus ou moins puisés dans ceux en usage alors pour le coton et la laine, et de l'autre, dans des essais chimiques pour convertir la filasse en une matière cotonneuse. Les recherches faites sans résultats sérieux par des industriels et des savants, au nombre desquels on trouve Berthollet, Molard, Demaurey, Robinson, etc., démontrent, à notre avis, une différence profonde entre le mode actuel de transformation des fibres et celui pratiqué antérieurement. Le même rouet, nous l'avons dit déjà, servait autrefois à filer indistinctement le lin, le coton et la laine; si aujourd'hui on voulait appliquer les mêmes machines, elles se fileraient mal, seraient détériorées, et souvent invendables. La matière souffrirait autant que si, dans le travail au rouet, la fileuse avait opéré d'une façon identique sur les fibres longues, tenaces et peu élastiques du chanvre et du lin, et sur celles si flexibles, si élastiques, et relativement si courtes, du coton. L'action des doigts varie dans ces deux cas, et sait approprier la manipulation aux caractères particuliers de chaque substance. Ce principe a été complétement méconnu par ceux qui ont voulu, dans la création des organes fondamentaux des machines nouvelles, s'inspirer de celles qui existaient et réussissaient pour d'autres matières que le lin. Ceux qui, au lieu d'imaginer des moyens en vue de la conservation des caractères distinctifs de la matière,

ont cherché à modifier celle-ci pour la rendre propre aux machines, n'ont obtenu qu'un produit défectueux. Tel était l'état de la question en 1810, lors de la mise au concours du grand problème du filage automatique du lin, dont la solution devait être récompensée du prix d'un million proposé par le premier empire. Les principes sur lesquels reposent les progrès réalisés depuis ont été imaginés et exposés deux mois après l'ouverture de ce concours par Ph. de Girard, dans un brevet d'invention demandé au nom des frères de Girard.

Par quelle fatalité les autres nations, et surtout l'Angleterre, se sont-elles approprié ces inventions longtemps avant nous? Pourquoi ces moyens nouveaux, dédaignés lorsque nous les avions à notre disposition, et avidement recherchés une fois que l'industrie anglaise en eut largement profité, ne nous sont-ils revenus qu'au prix des plus grands sacrifices?

Par quel concours de circonstances notre malheureux compatriote a-t-il été frustré des bénéfices de son immense découverte et de la gloire qui devait si légitimement lui en revenir? Une longue et douloureuse histoire, qui devrait servir d'enseignement, peut seule répondre à ces questions. Cette histoire, le rapporteur l'a faite pièces en main. Les cent pages environ qui la contiennent n'omettent aucun point de ce grand procès entre les nations industrielles, et surtout entre la France et l'Angleterre. Il sera désormais admis sans contestation possible, que la France a une part aussi belle dans la découverte des moyens et procédés pour travailler le lin que l'Angleterre dans la transformation du coton. Cette revendication au profit de l'honneur national avait été faite antérieurement à l'intéressant travail du savant académicien, mais par des parties intéressées, ou dans des ouvrages et des écrits où elle ne pouvait trouver qu'une place accessoire (1). Jamais occasion ne fut

(1) A la page 110 et suivantes de son *Traité sur les matières textiles*, publié il y a dix ans, M. Alcán avait déjà plaidé la cause de Ph. de Girard, et démontré, par une analyse technique détaillée des caractères constitutifs de la filature automatique du lin, qu'elle est l'œuvre de cet inventeur.

donc plus belle que celle des assises industrielles de 1851; jamais rapporteur ne s'acquitta plus consciencieusement et d'une manière plus irréfutable des démonstrations que lui imposait sa tâche. Les droits de Ph. de Girard ont été proclamés depuis par les grands pouvoirs de l'État. Sans l'Exposition universelle de Lonrdes et sans l'autorité du nom qui a enfin plaidé la cause de Philippe de Girard, la reconnaissance de ses services se serait bornée à quelques témoignages sincères qui ont précédé l'acte éclatant auquel nous faisons allusion.

On trouvera dans cette belle partie du travail de l'auteur l'histoire de la découverte de machines à filer, à peigner, et à préparer avant le peignage, une mention des principaux coopérateurs aux progrès de détails, et des industriels qui, les premiers, ont fait leur profit de ces inventions, tant en France qu'en Angleterre.

La troisième et dernière section du Rapport a pour titre : *Machines servant à unir entre eux et avec les tissus, les fils simples ou composés.*

Cette section est divisée en quatre chapitres. Les machines à retordre et à faire les cordages sont l'objet du premier. Le second comprend les machines et métiers de la fabrication des tissus pleins à chaînes et trames croisées rectangulairement. Le troisième est consacré aux moyens d'imitation, par procédés mécaniques, de divers ouvrages ou tissus exécutés à la main, au crochet, à l'aiguille et au fuseau. Le quatrième, enfin, embrasse les machines et métiers à chaînes, spécialement destinés aux tissus réticulés, noués ou diversement ornés, tels que filets, tulles et dentelles.

Cette partie du Rapport contient plus de deux cents pages; c'est beaucoup en apparence, et peu de fait : car chacun des chapitres pourrait donner lieu à un ouvrage beaucoup plus étendu que l'ensemble du travail, s'il fallait traiter toutes les questions relatives à la partie technique et industrielle. Aussi, l'historien, pour embrasser tant d'objets complexes dans un espace relati-

vement restreint, se borne à la description en quelque sorte géométrique des machines qu'il mentionne, et recherche, d'après des documents dont nous avons déjà fait ressortir l'insuffisance au commencement de ce travail, les noms des inventeurs et la date des inventions. Le savant général s'afflige souvent, dans ses laborieuses investigations, des lacunes, des contradictions et de l'obscurité qui existent parfois dans les ouvrages technologiques sur l'origine des découvertes qui y sont décrites. Il gourmande les auteurs de ces œuvres avec une franchise militaire et l'autorité de sa haute position scientifique. Sa bienveillance, si grande pour tous les travailleurs, fléchit un peu lorsqu'il s'agit des technologues. Il est vrai de dire que ceux-ci ne donnent pas toujours les détails désirables sur l'origine et l'histoire des inventions en décrivant les moyens et les résultats. Mais le pourraient-ils, lors même que cette partie de leur tâche, d'accessoire deviendrait principale, et ne seraient-ils pas arrêtés à chaque pas par les difficultés que l'auteur signale? Elles sont telles que, malgré le zèle et l'estimable opiniâtreté avec lesquels le célèbre savant a puisé dans les documents du monde industriel, il n'a pu que substituer le doute à la foi traditionnelle admise, dans les cas où celle-ci lui paraît en défaut. Ces réflexions naissent spontanément à chaque page du rapport; elles nous échappent ici, provoquées surtout par les parties que nous abordons.

Les premières pages concernant les machines à retordre, par exemple, suffisent pour se convaincre de la vérité de ces observations. Il ressort néanmoins des appréciations de l'auteur qu'il faut reconnaître à l'industrie anglaise une supériorité marquée dans les machines à fabriquer les fils retors, de même qu'on lui doit les premières tentatives sérieuses de la fabrication automatique des cordages. Cependant, au nombre des premiers brevetés pour des machines à tordre les câbles ou torons se trouve le nom du célèbre Américain Fulton, qui prit un brevet à Paris, le 18 mai 1779, collectivement avec M. Gutting, tous deux résidant à Paris. M. le

général Poncelet fait remarquer à cette occasion que Fulton ne s'est fait breveter ni en France ni en Angleterre pour son invention bien plus capitale des bateaux à vapeur.

Par une destinée assez singulière, ses tentatives remarquables pour les machines à retordre les câbles ont eu le sort de son essai de navigation à vapeur : « Ce qui démontre le profond oubli où « étaient restées en France les découvertes de Fulton, mais princi- « palement celles de Belfour, dit l'honorable rapporteur, ce sont les « éloges et les récompenses qui ont été donnés tour à tour, en « 1813, 1814, 1815 et 1816, par trois commissions maritimes, et « en 1818 par la Société d'encouragement de Paris, à M. Bernard « Dubour, cordier à Bordeaux, sans qu'on ait mentionné à cette « époque d'autres procédés mécaniques que ceux qui se trouvent « décrits dans les traités de Duhamel, Réaumur, Musschenbrock, « d'autres machines à tordre que celles qui furent publiées en 1625 « par *Faustus Varentius* ou par MM. Huddart et C^e^... »

Viennent ensuite les descriptions techniques des différents moyens proposés, quelques-uns basés sur les principes exposés antérieurement par Fulton et autres, et enfin la remarque que la fabrication des cordages et l'ensemble de ses machines ou procédés sont loin, en France, de l'état de perfectionnement où ont été amenés ceux qui se rapportent aux matières textiles.

On a souvent dit : Les Français inventent et les Anglais perfectionnent. L'histoire de la plupart des progrès dans le tissage, et surtout dans le tissage automatique, semble justifier cet adage. Les premières applications pratiques de ce travail ne remontent qu'au commencement de ce siècle, et appartiennent, sans aucun doute, aux inventeurs et industriels anglais. Mais elles ont été précédées de deux inventions françaises : l'une, de M. de Gennes, officier de la marine, fut présentée le 8 août 1678 à l'Académie royale sous le titre : *Nouvelle machine pour faire la toile sans l'aide d'aucun ouvrier*. Ce métier automatique, imparfaitement décrit dans le *Journal des Savants*, nous a cependant tellement frappé

nous-même, que nous l'avons considéré, dans notre enseignement, comme le point de départ le plus sérieux du tissage automatique. Soixante-sept ans se sont passés entre cette invention, relative au tissage des étoffes unies, et celle de Vaucanson, qui embrasse les articles unis et façonnés. Il y a cette différence entre les deux résultats, que nous ne connaissons aucune exécution matérielle de l'ingénieuse et rationnelle conception de de Gennes, tandis que les galeries du Conservatoire des Arts et Métiers conservent religieusement le célèbre métier construit par Vaucanson. Nous ne pourrions entrer dans aucun détail technique sur cette invention mémorable sans répéter ce que nous avons publié il y a onze ans sur le même sujet (1), confirmé d'ailleurs par l'honorable rapporteur. Le métier de Vaucanson date de 1745, et les plus anciennes tentatives anglaises, si l'on s'en rapporte à leurs propres historiens, ne remontent pas au delà de 1765. Ces métiers, qui auraient fonctionné alors à Manchester, étaient loin, on le comprend, de présenter les perfectionnements et les avantages de ceux que nous connaissons.

Baines, auteur de l'*Histoire des Manufactures de coton*, souvent cité par le rapporteur, attribue à Cartwright la première réalisation matérielle du métier automatique, patenté le 1er août 1787, et présentant, en principe, des ressemblances avec ceux utilisés plus tard. L'inventeur et son œuvre auraient sans doute eu le sort de tant d'autres, si le Parlement britannique ne lui avait généreusement voté une récompense de 250,000 f. (10,000 L.) en 1809, époque à laquelle le tissage automatique du calicot commençait à rendre d'immenses services à l'industrie de la Grande-Bretagne.

(1) Antérieurement à la publication du métier Vaucanson, planche 27 de l'atlas du *Traité des industries textiles* de M. Alcan, il n'en existait aucune description technique, pas même dans les travaux de l'ancienne Académie des sciences, dont Vaucanson faisait partie.

Aucune spécialité n'a été l'objet de plus de recherches, à partir de ce moment. L'historien fait ressortir avec une patience et une persévérance d'analyse des plus louables, les titres principaux des nombreux investigateurs qui se sont occupés de cette grande question pendant le demi-siècle qui vient de s'écouler (et le sujet est loin d'être épuisé). La plupart des noms anglais et français, cités par M. le général Poncelet dans cette longue nomenclature, sont populaires dans l'industrie. Dans le même temps, et parallèlement aux recherches auxquelles donnait lieu le tissage automatique des étoffes unies, celui des articles façonnés était également l'objet de perfectionnements notables. C'est alors que Jacquart combina si heureusement le métier qui a popularisé son nom, et où se trouvent réunis les éléments pratiques et avantageux proposés isolément, antérieurement à lui, par plusieurs autres, dont les noms et les inventions sont exposés en détail par le rapporteur. Là encore, nous sommes heureux que nos appréciations sur Jacquart, publiées il y a plus de dix ans, soient d'accord avec celles de l'écrivain, qui entre, d'ailleurs, dans des détails fort intéressants et tout à fait à leur place dans un travail spécialement historique, mais qui auraient usurpé celle réservée à d'autres sujets dans un ouvrage exclusivement technologique. On trouve, dans cette partie de l'ouvrage, des renseignements scrupuleux sur cette grande invention, les noms de ses premiers promoteurs industriels et ceux des hommes qui, par d'heureuses modifications, l'ont complétée et transmise avec tous les perfectionnements que nous lui connaissons.

Cette partie du rapport est suivie d'un chapitre consacré aux métiers tissant simultanément plusieurs pièces étroites, et, par conséquent, à la rubannerie et à la passementerie. Cette même section mentionne les métiers à tisser les étoffes à chaînes multiples, telles que les velours et les peluches, ceux avec mécanisme pour faire intervenir automatiquement les trames de couleurs différentes, et les appareils à trames partielles et interrompues, connus sous

le nom de *battants brocheurs*. Le progrès est tel, dans la grande spécialité des tissus façonnés, que, depuis le travail de l'auteur sur cette partie, il s'est produit des inventions de premier ordre destinées à modifier profondément le mode d'exécution d'une des grandes branches du tissage. Peut-être est-il bon aussi de faire remarquer que la tâche laborieuse de l'honorable rapporteur, quelque étendue et complète qu'elle soit, ne porte que sur les machines et les outils, et nullement sur l'art d'en tirer le meilleur parti possible. Or, les machines et les outils sont à peu près, par rapport à l'art du tissage, ce que les instruments sont à la musique. La composition et l'exécution ont une large part, dans les deux cas, au résultat final. C'est parce que nous devançons tous nos rivaux dans la composition et l'exécution des tissus que nous obtenons avec les mêmes métiers des produits d'une supériorité incontestable. C'est encore grâce à l'avancement de cette partie de nos connaissances que nous parvenons avec un nombre donné d'éléments à des effets beaucoup plus étendus, ou, en d'autres termes, à réaliser plus simplement et plus économiquement un effet déterminé. Il faudrait un travail non moins important que celui dont nous faisons l'analyse pour décrire les progrès successifs réalisés dans la direction à laquelle nous faisons allusion, et les divers procédés de montage en présence, non-seulement pour les étoffes de différentes natures, mais pour celles de même origine dans ses nombreuses variétés.

Quelques pages d'un chapitre spécial sont consacrées aux machines et outils à festonner, broder, piquer et coudre. Nous y avons vu mentionner, avec satisfaction, un petit appareil aussi simple qu'ingénieux, nommé *plongeur*, utile aux tisseurs d'articles brodés de Saint-Quentin et de Tarare. Ce petit mécanisme, et surtout celui dont les Anglais se servent avec beaucoup de bonheur pour faire à vil prix les cotonnades façonnées désignées sous le nom de *lappets*, et particulièrement destinées à la consommation indienne, sont trop peu connus, trop peu appliqués en France, où leur usage ne saura manquer de s'étendre

lorsqu'ils seront appréciés à leur valeur. On conçoit qu'au nombre des appareils à broder automatiquement, l'auteur ne manque pas de signaler la célèbre machine de Josué Heilmann. Il fait remarquer, à cette occasion comme dans plusieurs autres, les lacunes regrettables que présente souvent la description des brevets d'invention dans la publication officielle du Gouvernement. Cette remarque conserverait toute sa valeur, lors même que les inventions auraient été décrites en détail avec les figures nécessaires dans tout autre ouvrage, comme l'a été, à plusieurs reprises, la machine à broder en question : car nulle publication ne peut présenter les garanties de celle qui a un caractère officiel et qui puise ses matériaux dans les pièces originales de l'inventeur.

Une courte notice sur les machines à coudre termine la section, et démontre que les machines dites *américaines* ne commencèrent à fonctionner utilement que vers 1846. Il y avait eu d'abord plusieurs tentatives françaises, dont la plus ancienne remonte à 1830. Les inventions françaises et américaines varient dans leur principe, et ont donné naissance à deux systèmes de machines, l'un, dit *à aiguille et à crochet*, d'origine française ; l'autre, dit *à navette*, d'origine américaine. On distingue ensuite des variétés dans chaque système. Le docteur Willis, membre du jury de l'Exposition universelle de Paris, a parfaitement analysé, dans son rapport, les différents types de machines à coudre et leurs résultats spéciaux ; M. Poncelet renvoie lui-même au travail de ce savant.

Les métiers à tricot sont traités par l'auteur avec un soin, nous dirions presque avec un amour particulier. Après avoir analysé le mécanisme si compliqué et si précis du métier ordinaire, dit métier droit ou *système français*, le savant rapporteur ajoute :

« Cette longue mais pourtant incomplète énumération des in-
« génieux mécanismes qui constituent la plus ancienne des ma-
« chines à tricot, celle que la première Encyclopédie, imprimée en
« 1741, sous la direction de d'Alembert et de Diderot, décrivait
« si laborieusement en empruntant la plume anonyme d'un homme

« du métier, qui n'en fait ressortir ni le mérite ni l'originalité, ni « les intentions véritables, cette longue et incomplète énumération, dis-je, était en effet indispensable pour faire apprécier à « leur juste valeur les difficultés inhérentes à la précise et délicate « exécution de cette multitude d'organes ou combinaisons mécaniques, ainsi que la sagacité, la persévérance, la profondeur « même de conception qu'a dû y apporter l'auteur unique, que « suppose la tradition populaire amie du merveilleux, et qui n'admet ici, comme dans d'autres circonstances, ni l'intervention de « plusieurs hommes, et *a fortiori* de plusieurs générations d'hommes, ni une influence quelconque du milieu où ils ont vécu, « plus ou moins avancés dans les arts, ou, ce qui est tout un, plus « ou moins bien outillés, éclairés et civilisés.

« A coup sûr, le métier à bas est un chef-d'œuvre de précision « mécanique supérieur à tout ce que le moyen âge nous a légué en « ce genre, si ce n'est la montre et l'horloge, qui supposent une « certaine connaissance des lois astronomiques ou de la mesure du « temps. On ne saurait, à aucun titre, le comparer aux automates tant « admirés de nos ignorants et crédules ancêtres, automates si complétement inutiles, qu'ils ont tous disparu, à l'inverse de l'humble « métier à tricot qui, aujourd'hui même, nous rend les plus grands « services, mais que bien des gens du monde, des lettrés et des « savants de profession dédaignent, malgré le génie qu'il suppose, « malgré les huit à dix mille mailles qu'il produit à la minute, malgré même les avantages matériels qu'on en retire. D'où vient la « complète indifférence des philosophes ou théoriciens pour tout « ce qu'on nomme improprement application ou pratique? D'où « vient le dénigrement non moins étrange des hommes d'ateliers, « des praticiens, contre toute théorie ou raisonnement d'apparence « scientifique? N'y a-t-il pas dans ces sentiments de dédain inverses ou réciproques quelque chose d'aussi injuste que de peu réfléchi? Ou plutôt n'y aurait-il pas là simplement orgueil ou paresse de l'esprit, s'autorisant des abus qu'on fait si souvent de

« l'expérience et de la théorie exclusives, deux choses qu'on ne « doit pas séparer, selon les doctrines de Descartes et de Bacon, « surtout quand les résultats s'en lient au bien-être général de la « société et à ses progrès ? Qu'importent, enfin, la langue, le mi- « lieu, le siècle dans lesquels une œuvre d'art ou d'esprit a été « conçue et accomplie, s'il y règne, dans les détails comme dans « l'ensemble, un ordre parfait, une heureuse harmonie de mou- « vement, de pensées ou de conceptions justes et profondes?

Et un peu plus loin, l'auteur ajoute : « Je tiens également à le « rappeler, à le constater ici, bien qu'à regret et à la honte des « siècles qui ont précédé le nôtre, malgré l'extrême importance du « métier à bas, et la grandeur de la révolution accomplie par son in- « troduction dans l'industrie manufacturière, tout ce qui concerne « son origine et ses premiers développements est demeuré dans « une obscurité profonde, et a donné lieu aux contes ridicules déjà « mentionnés. » Et après avoir donné certaines versions vraisem- blables sur l'origine du métier à bas, l'honorable rapporteur ter- mine cette introduction de l'histoire des machines à tricoter par les considérations suivantes : « A quoi servent, d'ailleurs, « toutes les discussions de priorité qui intéressent encore plus « ' le vanités nationales que le progrès réel des arts, la vérité « historique et le culte dû aux promoteurs de nos industries, si, « comme j'en ai fait tant de fois la remarque, elles ne sont ap- « puyées de documents contemporains assez circonstanciés pour « permettre de préciser la date de la découverte, le nom des in- « venteurs ou perfectionneurs, mais surtout le caractère de l'objet « inventé? »

Nous n'avons pu nous dispenser de présenter ces extraits tex- tuels au sein d'une Société dont les travaux ont surtout pour but d'appliquer les sciences aux arts, et d'éclairer de plus en plus par la théorie, les opérations pratiques qui, aux yeux de l'ignorance et de la routine, y paraissaient étrangères.

Il nous est impossible de suivre l'auteur dans les descriptions

techniques concernant les *additions* et *perfectionnements* apportés à *l'ancien métier à bas;* nous prolongerions cette revue outre mesure pour ne faire que le résumé d'un résumé, sans aucun profit au point de vue où nous nous sommes placés. Nous sommes obligés, à notre grand regret, d'en dire autant du chapitre 4, traitant des machines à fabriquer les filets, tulles et dentelles : « L'his-« toire des machines de cette espèce est fort obscure, aussi n'ai-je « pas la prétention de la débrouiller complétement et comme elle « le mériterait au point de vue technique ou théorique, non que je « ne sente toute l'importance d'une industrie dont les produits se « comptent par centaines de millions, mais bien faute de temps « et de documents assez précis pour faire la part exacte de chaque « inventeur. »

Malgré cette réserve, une soixantaine de pages est consacrée à l'étude et à la description analytique des machines remarquables appliquées aux tissus réticulés, à la recherche de leur origine et de leurs véritables auteurs. Une analyse et un résumé raisonnés des documents importants à consulter, toujours difficiles à se procurer sans y dépenser un temps considérable, rendent cette partie du travail particulièrement intéressante. A ce point de vue encore, notre savant maître a donc rendu un véritable service aux sciences technologiques, et ceux qui désormais voudront s'en occuper commenceront par se livrer à l'étude de son œuvre.

Nous ne pouvons, avant de terminer ce travail trop long, bien qu'incomplet, nous défendre de faire une remarque sur la difficulté toujours croissante d'arriver à connaître le nom de l'inventeur d'une découverte importante. Par des motifs que nous n'avons pas à examiner quant à présent, et dont un certain nombre ne sont que trop connus, bien des inventeurs hésitent aujourd'hui à se faire breveter, ou, lorsqu'ils s'y déterminent, profitent des facilités que leur offrent les maisons respectables dont l'objet spécial est de les conseiller et de remplir pour eux les formalités exi-

gées par la loi ; souvent même, leur découverte est brevetée sous le nom de ce représentant légal. Cet état de choses, qui présente des avantages réciproques aux parties contractantes, offrira nécessairement des embarras lorsqu'il s'agira de consulter, au point de vue historique, les documents qui en résultent. La fécondité apparente de certains noms s'expliquera d'elle-même pour nos successeurs au courant de cette manière d'agir, sans replacer pour cela une invention donnée sous le nom de son véritable auteur. Une difficulté analogue se présentera parfois à l'occasion de travaux théoriques. Ne sait-on pas que le véritable inventeur met la partie la plus précieuse de ses connaissances dans son mémoire descriptif, lors même que le brevet n'est pas en son nom? Nous ne pouvons citer pour exemple à l'appui de cette assertion que les brevetés en nom, et nous indiquerons les mémoires de White, de de Girard, de Heilmann, etc., comme les modèles du genre. Ces mémoires forment la source la plus intéressante à laquelle doivent puiser les recueils industriels. Pour donner une apparence plus désintéressée à leurs témoignages, le nom des auteurs véritables de ces travaux se trouve omis dans ces publications et remplacé par celui du rédacteur, qui arrivera seul à l'historien.

Malgré les inexactitudes, inévitables dans le genre de travaux auquel le célèbre académicien vient de se livrer, il est néanmoins désirable qu'ils se propagent, et que l'exemple qu'il a donné soit suivi. Puisse-t-il être lui-même son premier continuateur et faire pour les machines, les outils et les procédés appliqués aux apprêts mécaniques qui prennent les étoffes après les entrelacements au tissage, où l'auteur les a laissées, ce qu'il vient d'accomplir pour les parties que nous venons d'analyser. Nul mieux que lui n'exposera les principes des procédés et des moyens qui concourent à cette partie du travail, embrassant les opérations du feutrage et du foulage, de l'épincetage et de l'épeutissage, celles des garnissages, du lainage et du redressage, du tondage et du décatage,

des pressages, du lustrage, du décatissage, etc., appliquées dans le but de donner aux étoffes le fini et les apparences qui leur sont propres.

Cette grande section des apprêts, dont les progrès ne peuvent être méconnus, est néanmoins celle qui laisse le plus à désirer au point de vue théorique, et à laquelle le concours de la science serait le plus profitable. Le vœu que nous formulons de voir l'illustre savant continuer, dans la même direction, les travaux qui lui ont valu tant d'éloges, prouve l'intérêt que nous offre celui dont il vient d'être question, et pour lequel la Société des ingénieurs civils lui doit des remercîments particuliers.

Etude sur la fabrication des rails dans les usines de la Société du Phœnix

PAR

M. DESBRIÈRE.

La fabrication des rails a été longtemps fort négligée en Allemagne, si l'on en juge par l'aspect que présentent les rails sur beaucoup de voies dont l'établissement remonte à une époque un peu reculée; les dessoudures y sont nombreuses, et parfois la couverte se détache du corps du rail sur des longueurs considérables à partir d'une des extrémités. Un accident grave a failli dernièrement être causé sur le chemin de Minden par la présence sur la voie d'un rail atteint de ce défaut : la couverte s'était engagée dans les rayons d'une roue et avait produit un déraillement. Les écrasements, qui ne sont, du reste, au fond, que la manifestation extérieure de défauts de soudure à l'intérieur et invisibles à la surface, y sont moins nombreux.

Difficulté de fabrication particulière au rail Vignole.

Le rail Vignole, comme le rail Barlow, comme le rail Brunel, présente une difficulté de laminage due à la saillie du patin sur le corps du rail et aux différences de vitesse qui en résultent sur les points correspon-

dants du cylindre. Cette différence de vitesse donne lieu dans le patin à des criques qu'on n'a pu éviter, dans les usines où la fabrication de ce rail n'était pas bien connue, qu'en ayant recours à l'emploi d'un fer tendre, se prêtant aisément, par sa malléabilité, aux déplacements longitudinaux que les molécules ont à subir, mais qui, à son tour, compromet la durée de la surface de roulement. La difficulté est éludée depuis longtemps en Allemagne, et aujourd'hui dans les usines françaises qui se sont occupées du laminage de ces rails, par l'emploi de petites mises de fer corroyé (qui se prête aux allongements sans manifester de criques) que l'on place aux deux extrémités inférieures du paquet et qui sont destinées à former les bords extrêmes du patin. Ce moyen a très bien réussi et n'entraîne pas d'inconvénients sérieux, malgré la différence de nature des deux fers ainsi mis en présence. Leur soudure est nécessairement imparfaite, comme nous le verrons plus loin ; mais la nature des efforts que le patin a à subir ne rend pas cette soudure incomplète préjudiciable à la durée du rail.

Il n'en est pas de même d'une condition analogue imposée depuis longtemps, en France, aux fournisseurs par les cahiers des charges, et qui, observée également à l'origine en Allemagne, commence aujourd'hui à y être unanimement repoussée.

Inconvénients de la composition des paquets adoptée jusqu'à ces derniers temps.

Cette condition, c'est la composition du paquet, dont la partie supérieure devait être et est encore, en France, formée de fer corroyé, c'est-à-dire réchauffé après le puddlage, tandis que le corps du paquet devait être formé de fer puddlé brut.

En Allemagne, cette règle a été longtemps observée : on commence aujourd'hui à s'en affranchir après avoir reconnu, par une coûteuse expérience, que les résultats allaient directement contre le but qu'on s'était proposé.

Que voulait-on en effet obtenir, en formant la partie supérieure en fer corroyé et le corps en fer puddlé brut? Augmenter la durée du rail en employant pour la surface de roulement une matière capable de résister à l'usure, et arriver à l'économie, en formant le corps, dont le rôle n'exigeait pas une matière aussi résistante, avec un fer moins travaillé et partant moins cher.

Il est arrivé, au contraire, que les deux natures de fer mises en présence ne se soudant qu'avec peine, une grande partie des rails se dessoudent après un temps quelquefois très court, et sont ainsi mis hors de service malgré la dureté de la couverte; de sorte que les dépenses de renouvellement couvrent, et au delà, l'économie faite dans la fabrication.

La soudure difficile du fer corroyé avec le fer puddlé s'explique très bien en remarquant que l'effet du réchauffage sur le fer est de changer sa composition chimique; on sait, en effet, qu'aucun fer n'est chimiquement pur, et que tous conservent des proportions très variables, quoique très faibles, de silicium, de carbone et d'autres corps tels que le manganèse, le phosphore et le soufre. Or, cette modification de composition change également la température de soudure du fer et la rend de plus en plus élevée à mesure que le fer se purifie. Le fer corroyé a donc une température de soudure plus élevée que celle du fer puddlé brut, de sorte qu'en réchauffant le paquet pour le laminage, on est placé entre deux dangers : celui de brûler le fer puddlé si l'on atteint la température voulue pour la soudure du fer corroyé, ou, ce qui est le cas ordinaire, celui de ne pas amener le fer corroyé à la température soudante, et conséquemment de fabriquer des rails mal soudés et qui se détruisent avec rapidité.

Influence de la soudure imparfaite sur la durée des rails.

Il est important de se rendre bien compte du mode d'action de la dessoudure sur la destruction des rails. Si l'on observe avec at-

tention, pendant un temps assez long, la marche et le développement des détériorations que subissent les rails en service, on remarquera invariablement qu'elles se manifestent toujours au début par un petit aplatissement à la surface de roulement.

Cet aplatissement n'est visible, dans le commencement, que par l'élargissement de la zone brillante que tracent les bandages sur la surface du champignon, et qui s'épanouit pour ainsi dire au point où a lieu l'aplatissement : peu à peu, cet aplatissement s'étend dans le sens transversal, et surtout dans le sens longitudinal. Il y a alors, comme l'indique la figure ci-contre, déformation du profil du rail dans la partie du champignon voisine du lieu de l'aplatissement; puis surviennent, au bout d'un temps très variable, des fentes longitudinales, soit à la surface supérieure, soit sur le bord du champignon, et si le rail n'est pas retiré de la voie, ces fentes gagnent en longueur en même temps que la lame ainsi formée s'aplatit de plus en plus; puis, cette dernière finit par se briser et se séparer en un certain nombre de fragments.

Il est évident que l'explication de ces faits, dont l'allure est, sauf quelques rares exceptions, exactement celle que nous avons

décrite, ne peut être donnée que par deux causes différentes : la première, c'est la présence, à une certaine profondeur au-dessous de la surface extérieure, d'une soudure incomplète telle que *b c;* de cette soudure incomplète il résulte que la région *a b c* supporte seule toute la pression des véhicules et l'action tangentielle due à

la conicité des roues (1) ; ces deux actions tendent, la première à écraser la partie *a b c* entre le bandage et la partie sous-jacente *b c f*, sur laquelle elle repose comme la pièce à forger repose sur l'enclume, et la seconde à l'étirer, pour ainsi dire, sur cette espèce d'enclume ; de là, l'extension graduelle de la dessoudure dans le sens longitudinal, où elle tend naturellement à se propager et où elle préexiste la plupart du temps, et les effets d'écrasement, de déformation et de rupture dont nous avons parlé.

L'autre explication est donnée par la présence, à une certaine profondeur, d'un filet de laitier tel que *d f*, qui s'écrase à l'intérieur sous la pression des bandages, et qui, laissant sans liaison les deux parties entre lesquelles il était interposé, entraîne les conséquences que nous avons déjà analysées. Un autre mode de destruction assez fréquent réside dans l'exfoliation du dessus du champignon en lames minces. Ces lames ne sont autres que les mises du paquet pour couverte, réduites à une très faible épaisseur par les laminages successifs, et dont la soudure a été mal faite, malgré leur homogénéité.

Les rails peuvent présenter d'autres défauts, tels que les criques et les pailles superficielles. Ces défauts sont graves assurément et doivent entraîner le rebut du rail, surtout quand ils attaquent la surface de roulement, qu'ils rendent cahotante et impropre à son service. Mais l'expérience prouve qu'ils amènent rarement la destruction des rails.

En résumé, la détérioration des rails n'est, la plupart du temps,

(1) Cette action est considérée avec juste raison, en Allemagne, comme la cause extérieure la plus puissante de la destruction des rails.

que le résultat de deux causes principales, l'absence de soudure, ou l'interposition de filets de laitier non expulsés lors de la conversion du paquet en rail.

L'absence de soudure s'explique, dans la plupart des cas, par la différence de nature des fers qui entrent dans la composition du paquet ; quant à l'impureté qu'annonce la présence des couches de laitier, elle est due au mode d'étirage suivi universellement jusqu'à ce jour, c'est-à-dire au laminage, opération dont les résultats sont généralement imparfaits quant à la purification du métal.

Le laminoir, en effet, ne peut exercer qu'une action modérée et progressive sur les paquets, et ne fait pas jaillir avec assez de force le laitier : — il ne peut embrasser que des paquets d'une dimension transversale limitée (20 sur 20 au plus dans les usines les mieux outillées) ; — il a de la tendance à faire *bâiller* les mises par le bout qui passe le dernier, ce qui permet l'entrée de l'air et la formation de l'oxyde à la surface des mises ; on corrige cette tendance en donnant au cylindre mâle de l'ébaucheur un diamètre plus fort qu'au cylindre femelle, ce qui rabat le paquet sur les *gardes* de dessous et l'empêche de s'ouvrir ; mais il en résulte un autre inconvénient, la tendance au glissement des mises de dessus par rapport à celles du centre. — Enfin, le plus grave inconvénient du laminoir est d'emprisonner le paquet dans la cannelure et de ne lui permettre de se dégorger que par le bout qui passe le dernier entre les cylindres ; si le laitier est accumulé à l'autre extrémité du paquet, il est presque impossible qu'il en sorte ; on peut renverser, il est vrai, le sens du passage du rail dans les cannelures successives, mais le laitier, sollicité tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, reste alors au milieu de la longueur du rail et ne s'évacue pas davantage.

Divers moyens tentés pour faciliter la soudure.

C'est sur ces deux points, le mode d'étirage et la soudure, que

porte la réforme qui s'accomplit en ce moment en Allemagne et que nous allons faire connaître. Disons d'abord un mot des moyens qui ont été mis en avant ou essayés pour faire disparaître, atténuer, ou masquer les défauts de soudure.

1° Couvertes de forte épaisseur.

On a souvent proposé, et ce moyen est recommandé par les ingénieurs du chemin de Berlin à Francfort sur l'Oder et ceux des chemins hanovriens, de donner à la couverte supérieure une épaisseur assez forte pour que le champignon supérieur s'en trouvât entièrement formé. On pensait qu'en reportant ainsi le plus bas possible la région où peut se produire la dessoudure, on améliorerait sa résistance à l'écrasement, et on diminuerait sa tendance à se séparer de la partie sous-jacente. Nous avons nous-mêmes essayé ce moyen à l'usine de l'Horme pour les fournitures de Rhône et Loire (1), et voici les difficultés que nous y avons reconnues : les chances de dessoudure se trouvent augmentées, parce que la couverte ayant une très forte épaisseur devient très difficile à chauffer ; on est donc obligé de laisser le paquet plus longtemps au four, et, par suite, la difficulté d'arriver à la température soudante pour cette partie, sans brûler le reste du paquet, s'accroît considérablement ; de telle sorte que, dans la plupart des cas, la couverte est bien loin de la température soudante au moment où on est obligé de sortir le paquet du four pour le passer au laminoir.

2° Couvertes de faible épaisseur.

Cette difficulté est telle qu'elle a conduit un membre de la Société des ingénieurs civils, M. Curtel, à proposer un moyen exac-

(1) Le rail étant à champignons inégaux, et la proportion prescrite par le cahier des charges pour le fer corroyé étant d'un tiers du poids total du paquet, au lieu de la partager entre les deux champignons, on l'a attribuée en entier au champignon supérieur.

tement inverse et qui consisterait à donner à la couverte, afin de faciliter son réchauffage, une épaisseur assez faible pour qu'après le laminage du rail elle se réduisit à une enveloppe d'au plus 5 à 6 millimètres. D'après l'auteur de cette proposition, cette épaisseur, si la soudure était parfaite, suffirait certainement pour donner au rail toute la durée nécessaire, l'usure normale superficielle ne devant pas détruire une couche de 5 à 6 millimètres avant une période de temps excessivement longue; quant aux rails pour lesquels la soudure aurait été mal faite, leur destruction serait presque immédiate, et, se produisant conséquemment dans le délai de garantie, mettrait les intérêts des compagnies entièrement à couvert.

Je ne sais si ces vues assez spécieuses ont jamais donné lieu à des tentatives suivies; mais il est permis de douter de leur réussite, attendu qu'aux chances de mauvaise soudure se substitueraient, comme cause de destruction, les chances d'impureté et d'interposition de laitier entre les mises de fer puddlé brut. Ces mises se trouveraient, dans ce système, beaucoup plus rapprochées de la surface de roulement, et conséquemment plus exposées à l'action destructive des bandages, telle qu'elle a été analysée plus haut.

3° Couvertes à crochets.

Je ne parlerai que pour mémoire d'un procédé, ou plutôt d'un tour de main pratiqué cependant en France par des usines importantes, où on le connaît sous les noms de *couvertes à crochets* ou *ballage à nervure* (1).

(1) Le mot *ballage*, qui est synonyme de corroyage, s'emploie également pour désigner les produits de l'opération, c'est-à-dire le fer corroyé.

Ce moyen consiste à former les couvertes d'un fer corroyé, ayant

la forme ci-contre *a b*. Le résultat est d'amener le fer corroyé à envelopper complétement le champignon, et à abaisser conséquemment les surfaces de séparation du fer corroyé et du fer brut dans les régions *c* et *d* de la gorge du rail, où les soudures imparfaites sont moins apparentes, et plus faciles à éviter que sur le côté du champignon, et attirent moins l'attention et la sévérité des agents réceptionnaires. Mais les effets sont détestables : car, si la dessoudure se trouve masquée, on voit en même temps que le laitier emprisonné dans l'intervalle *a b* des nervures ne peut plus être expulsé par le laminage (dont l'action est du reste, comme nous l'avons dit plus haut, insuffisante pour produire ce résultat d'une manière complète), et qu'il en résulte des interpositions de matières étrangères entre les mises, qui amènent la destruction du rail au bout d'un temps plus ou moins long. Cette pratique devrait donc être proscrite avec la plus grande sévérité, et nous n'hésitons pas à attribuer à son emploi une grande partie des rebuts considérables d'exploitation signalés sur les rails dans ces derniers temps pour diverses lignes de chemin de fer.

Depuis longtemps on en a fait justice en Allemagne, où elle est sévèrement interdite.

4° Paquets tout en fer corroyé.

Ce n'est pas évidemment dans ces palliatifs qu'il faut chercher la solution des difficultés de soudage, mais dans une réforme radi-

cale des fabrications, dont le principe sera l'homogénéité des natures de fer mises en présence.

Depuis longtemps cette vérité a été reconnue par le célèbre ingénieur du Great-Western, M. Brunel, qui, d'après M. Couche (1), se serait décidé dernièrement à faire les paquets de ses rails entièrement en fer corroyé.

La première objection à faire à ce mode de fabrication est la dépense à laquelle il donne lieu ; cependant, si on obtenait des résultats à l'abri de tout reproche, il n'y aurait pas, je crois, à la faire entrer en ligne de compte, surtout en Angleterre, où le prix du fer est si bas. Malheureusement cette objection n'est pas la seule. L'emploi du fer corroyé seul, pour des pièces aussi fortes que des paquets de rails, a des inconvénients sérieux. Le paquet est, par suite de la pureté du fer, extrêmement difficile à chauffer, et doit rester un temps très long au feu : de là une lenteur excessive dans la fabrication, indépendamment de la dépense. Les barres corroyées, étant beaucoup plus lisses que les barres de fer brut, ont, lors du passage au laminoir, une tendance à glisser les unes contre les autres, une mobilité continuelle, qui apporte, en pratique, un obstacle sérieux à la bonne soudure ; enfin, et par-dessus tout, la pureté du fer est *en elle-même* une difficulté pour la soudure. Cette difficulté réside dans l'absence presque complète, dans le fer corroyé, de scories ou de laitier dont l'interposition entre les mises donne, comme nous l'avons vu plus haut, de si funestes résultats en service, mais dont la présence au *moment du réchauffage* est nécessaire pour donner une soudure parfaite, à la condition d'une expulsion complète *par le fait de l'étirage*.

Ces faits, en apparence contradictoires, s'expliquent très bien en remarquant que les barres de fer destinées à former un paquet sont toujours recouvertes d'une couche d'oxyde, non pas d'oxyde

(1) *Annales des Mines*, tome XI, 5e série.

rouge ou rouille, mais d'oxyde noir, dit oxyde des *battitures*, dont la formation est due à l'action de l'air sur le fer à une haute température.

Cette couche d'oxyde infusible, interposée ainsi entre les mises, constitue, indépendamment de leur nature plus ou moins homogène, un obstacle absolu à la soudure ; cet obstacle n'est éludé en pratique que par la présence même du laitier, lequel est intimement mêlé à la substance même des barres, et qui, au moment du réchauffage, suinte à travers le métal et vient se combiner avec l'oxyde pour former un silicate *fusible* ; ce dernier, au moment de l'étirage, peut être expulsé hors du paquet, pourvu que le système d'étirage soit bon ; les surfaces métalliques sont alors mises à nu, *décapées*, suivant l'expression technique, et la soudure devient possible pourvu que la température ait été suffisante : si le fer était arrivé à un état de pureté tel, qu'il fût entièrement débarrassé de laitier, la soudure, par suite de l'interposition de l'oxyde, deviendrait impossible en pratique.

On voit donc que l'emploi du fer corroyé ne met pas le rail à l'abri de la dessoudure, tout au contraire. Aussi les résultats de la tentative faite par M. Brunel n'ont pas été satisfaisants, eu égard surtout à la dépense faite.

5° Paquets tout en fer puddlé.

L'homogénéité peut être obtenue d'une autre manière, par l'emploi exclusif du fer brut. Quelques tentatives ont été faites en ce sens en Belgique, à l'usine de Couillet, et en Hanovre (d'après M. Couche). Nous l'avons fait essayer nous-même à l'usine de l'Horme. Ici encore, le chapitre des inconvénients reparaît. La soudure est parfaite, mais les rails présentent généralement des surfaces rugueuses, inégales, criquées, qui en rendent l'emploi presque impossible, en sorte que les rebuts de fabrication sont exces-

sivement nombreux, et que, si l'on voulait recourir à ce moyen pour une commande importante, les rails employés ne représenteraient guère que le quart ou le cinquième de la fabrication. Les rails ainsi fabriqués, quand ils sont acceptables, se comportent du reste très bien sous le rapport de la durée.

Réforme des conditions de fabrication en Allemagne.

Influence du mode d'étirage et des dimensions des paquets sur la soudure.

Tel était l'état de la question de la fabrication des rails en Allemagne, et on avait persévéré dans l'emploi des deux natures de fer, lorsque, à la suite de rebuts nombreux sur plusieurs lignes, la question devint l'objet d'une attention générale. Il convient d'ajouter qu'à côté des exigences des compagnies, en ce qui concerne la composition des paquets, régnait le laisser-aller le plus complet touchant le mode d'étirage et les dimensions des paquets, deux conditions de la plus haute importance et qui n'ont pas été non plus, en France, l'objet de l'attention qu'elles méritent. Le travail des loupes pour fer brut se faisait, dans beaucoup d'usines, avec le *squeezer* ou presse, appareil imparfait, qui ne dégage pas les scories contenues dans les loupes, et qui permet l'emploi des minerais et des fontes les plus impurs. — Le laminoir était le seul instrument employé pour l'étirage des paquets destinés aux couvertes et de ceux destinés à former les rails. Nous avons dit déjà que cet appareil ne fait pas jaillir avec assez de force le silicate ferreux formé par la combinaison du laitier et de l'oxyde, et donne, par suite, ou des soudures imparfaites, ou, ce qui revient au même en tant qu'usure des rails, des interpositions de matière étrangère dans le corps du rail. — Enfin, les dimensions des paquets n'étant pas fixées, les usines, pour diminuer le travail des machines et se soustraire à l'obligation de fortifier leur matériel, donnaient à ces paquets la section transversale la plus faible possible, et les résultats du laminage n'en étaient que plus défectueux.

Liberté rendue aux usines pour la composition des paquets. Fixation des dimensions transversales des paquets, martelage et chaude supplémentaire.

C'est dans ces circonstances que plusieurs compagnies allemandes se décidèrent à restituer aux usines une liberté complète d'action en ce qui concerne la composition des paquets et la nature des fers qui doivent y entrer, à la condition seulement d'avoir du fer dur et à grains pour la partie supérieure du rail, et du fer nerveux et fort pour le pied; condition qui n'implique nullement une différence dans le nombre des réchauffages. On régla, en outre, les dimensions transversales des paquets et le mode d'étirage du paquet, pour lequel on devait employer d'abord le marteau, puis le laminoir, en faisant suivre l'action du marteau d'une chaude supplémentaire.

Augmentation de durée de la garantie.

Ces prescriptions étaient fort sages; elles n'imposaient aux usines que des conditions faciles à remplir moyennant une certaine élévation dans la dépense, et les laissaient libres pour le point essentiel sur lequel l'intervention des compagnies ne pouvait que gêner le fournisseur sans profit pour personne. Comme garantie de cette liberté, et pour intéresser les usines à ne livrer que des produits irréprochables, une garantie de trois ans fut acceptée; l'usine du Phœnix en a accepté depuis une de quatre ans, et, lors de mon passage à Cologne, elle était sur le point d'en accepter une de six ans avec le gouvernement bavarois.

Méthode du Phœnix.

C'est sous ce régime que, stimulés par leur intérêt puissamment mis en jeu, les directeurs des usines du Phœnix ont inauguré, il y

à un mois à peine, une nouvelle fabrication dont l'idée est très ingénieuse et dont les résultats sont, autant qu'on en peut juger jusqu'à présent, irréprochables.

Le principe de la méthode est l'emploi exclusif du fer puddlé brut; mais il a été légèrement modifié, pour éviter les défauts que nous avons signalés dans cet emploi.

Les mises destinées à former la surface extérieure du champignon sont fabriquées de la manière suivante :

La fonte employée au puddlage est une fonte *grise* provenant de minerais phosphoreux dits minerais de prairie. Cette fonte, dont l'affinage est plus cher parce qu'il consomme plus de charbon et donne plus de déchet que celui de la fonte blanche qu'on emploie généralement pour l'affinage, jouit de la propriété de donner un fer à grain dur, cassant à froid, mais qui n'est pas cassant à chaud, et susceptible, par suite, de criques, comme les fers provenant des minerais sulfureux (fers rouvrins, métis, de couleur, etc.), et qui se soude facilement avec lui-même et avec les fers du même numéro. La loupe obtenue avec cette fonte est martelée au pilon de 3,000 kilos pendant cinq minutes, au lieu de deux minutes que l'on consacre ordinairement au martelage d'une loupe. Le but de ce long martelage est de purifier et d'agréger complétement la matière. La loupe est ensuite réduite à la dimension d'une barre rectangulaire de 15 centimètres sur 10 environ (1). Dans la fabrication ordinaire du fer brut, aussitôt après le martelage, la loupe est passée aux cylindres et réduite aux dimensions voulues pour les paquets. Ici, ce passage immédiat est devenu impossible, parce que le long martelage de cinq minutes a retiré au fer la chaleur nécessaire pour le passage au laminoir. La loupe est donc remise au four et réchauffée au *rouge cerise seulement*, c'est-à-dire à

(1) Ces dimensions sont celles des couvertes en *deux morceaux*. Quand la couverte doit être d'une seule pièce, on soude deux loupes au marteau et on étire la barre ainsi formée la dimension de 25 sur 10.

Liberté rendue aux usines pour la composition des paquets.
Fixation des dimensions transversales des paquets, martelage et chaude supplémentaire.

C'est dans ces circonstances que plusieurs compagnies allemandes se décidèrent à restituer aux usines une liberté complète d'action en ce qui concerne la composition des paquets et la nature des fers qui doivent y entrer, à la condition seulement d'avoir du fer dur et à grains pour la partie supérieure du rail, et du fer nerveux et fort pour le pied; condition qui n'implique nullement une différence dans le nombre des réchauffages. On régla, en outre, les dimensions transversales des paquets et le mode d'étirage du paquet, pour lequel on devait employer d'abord le marteau, puis le laminoir, en faisant suivre l'action du marteau d'une chaude supplémentaire.

Augmentation de durée de la garantie.

Ces prescriptions étaient fort sages; elles n'imposaient aux usines que des conditions faciles à remplir moyennant une certaine élévation dans la dépense, et les laissaient libres pour le point essentiel sur lequel l'intervention des compagnies ne pouvait que gêner le fournisseur sans profit pour personne. Comme garantie de cette liberté, et pour intéresser les usines à ne livrer que des produits irréprochables, une garantie de trois ans fut acceptée; l'usine du Phœnix en a accepté depuis une de quatre ans, et, lors de mon passage à Cologne, elle était sur le point d'en accepter une de six ans avec le gouvernement bavarois.

Méthode du Phœnix.

C'est sous ce régime que, stimulés par leur intérêt puissamment mis en jeu, les directeurs des usines du Phœnix ont inauguré, il y

a un mois à peine, une nouvelle fabrication dont l'idée est très ingénieuse et dont les résultats sont, autant qu'on en peut juger jusqu'à présent, irréprochables.

Le principe de la méthode est l'emploi exclusif du fer puddlé brut; mais il a été légèrement modifié, pour éviter les défauts que nous avons signalés dans cet emploi.

Les mises destinées à former la surface extérieure du champignon sont fabriquées de la manière suivante :

La fonte employée au puddlage est une fonte *grise* provenant de minerais phosphoreux dits minerais de prairie. Cette fonte, dont l'affinage est plus cher parce qu'il consomme plus de charbon et donne plus de déchet que celui de la fonte blanche qu'on emploie généralement pour l'affinage, jouit de la propriété de donner un fer à grain dur, cassant à froid, mais qui n'est pas cassant à chaud, et susceptible, par suite, de criques, comme les fers provenant des minerais sulfureux (fers rouvrins, métis, de couleur, etc.), et qui se soude facilement avec lui-même et avec les fers du même numéro. La loupe obtenue avec cette fonte est martelée au pilon de 3,000 kilos pendant cinq minutes, au lieu de deux minutes que l'on consacre ordinairement au martelage d'une loupe. Le but de ce long martelage est de purifier et d'agréger complétement la matière. La loupe est ensuite réduite à la dimension d'une barre rectangulaire de 15 centimètres sur 10 environ (1). Dans la fabrication ordinaire du fer brut, aussitôt après le martelage, la loupe est passée aux cylindres et réduite aux dimensions voulues pour les paquets. Ici, ce passage immédiat est devenu impossible, parce que le long martelage de cinq minutes a retiré au fer la chaleur nécessaire pour le passage au laminoir. La loupe est donc remise au four et réchauffée au *rouge cerise seulement*, c'est-à-dire à

(1) Ces dimensions sont celles des couvertes en *deux morceaux*. Quand la couverte doit être d'une seule pièce, on soude deux loupes au marteau et on étire la barre ainsi formée la dimension de 25 sur 10.

la température strictement nécessaire pour le passage aux cylindres.

Ici une objection se présente : cette seconde chaude fait, dira-t-on, du fer à couverte un véritable fer corroyé. On peut répondre hardiment que non, parce que ce qui constitue le corroyage est la *chaude soudante*, c'est-à-dire le rouge blanc nécessaire à atteindre lorsque, par exemple, on opère sur un paquet pour en déterminer la soudure. Ici, il n'y a en réalité qu'un *demi-corroyage*, et le fer ne perd pas sensiblement la teneur en carbone et en silicium que lui a laissée le puddlage, et, par suite, sa température de soudure n'est pas changée. Ce réchauffage au rouge cerise et le laminage qui le suit sont, d'ailleurs, indispensables pour donner à la barre la dimension requise pour la formation du paquet.

Les mises qui suivent immédiatement la couverte, jusqu'à concurrence du nombre nécessaire pour former le *champignon tout entier*, sont préparées de la même manière, à cette différence près, que leur martelage ne dure que trois minutes et qu'elles sont passées immédiatement au laminoir, sans réchauffage intermédiaire. Ces barres sont assez belles, mais un peu plus criquées sur les bords que la couverte; leur cassure est aussi moins compacte, le grain y est moins serré et moins dur, mais il n'y a pas, entre elles et la couverte, la différence immense qui sépare à première vue et pour l'œil le moins exercé les barres de fer puddlé et de fer corroyé.

Le reste du paquet, destiné à former l'âme et le pied, est formé de fer nerveux puddlé brut, à l'exception des deux mises latérales en fer corroyé, nécessaires pour la façon des bords du patin.

Le paquet est formé de 10 mises, sur lesquelles il y en a 4 à grain, 4 à nerf, 2 corroyées; ces dernières ont 5 cent. × 2 cent. 5.

Les paquets sont faits à la manière ordinaire, en croisant les joints dans le sens transversal et en n'admettant de joint dans le sens longitudinal que pour les mises du milieu.

Pour quelques compagnies, la couverte est en une seule pièce; pour d'autres, qui ont laissé toute liberté dans la

formation du paquet, l'usine emploie des couvertes en deux et même trois barres longitudinales. La conviction des directeurs est

que les soudures verticales qui en résultent n'ont aucun danger pour la durée du rail, par suite du mode d'élaboration du paquet, mode qui me reste à décrire, et qu'elles constituent, au contraire, une garantie de plus pour l'épuration du paquet, à cause de la voie qu'elles laissent à la sortie des silicates qui se produisent dans le réchauffage.

Quelques compagnies interdisent l'emploi des ligatures pour le paquet, dans la crainte d'altérer les surfaces de roulement, d'autres les autorisent : ce détail n'a pas grande importance.

La dimension transversale du paquet est de $0^{m}.25$ de largeur sur $0^{m}.24$ de hauteur, déduction faite des vides.

Le paquet, étant amené au rouge blanc, est porté sous le pilon de $3{,}000^{k}$ et martelé jusqu'à ce que son allongement soit de $0^{m}.36$ environ. Ses dimensions transversales sont alors réduites à environ $0^{m}.19$ sur $0^{m}.18$, le martelage ayant lieu sur les deux faces. J'ai vu des paquets qu'on avait laissés refroidir après cette opération ; leur soudure, malgré leur forme encore très grossière, paraissait parfaite. Ce martelage n'est limité, comme temps, que par la condition de produire l'allongement prescrit. Immédiatement après, le paquet est remis au four, réchauffé au blanc soudant et laminé en rail. Il n'y a pas à craindre, dans cette seconde chaude, que le dessus du rail soit confondu avec le dessous, ou même, comme cela arrive assez souvent pour les rails à deux champignons, que le paquet soit passé de travers dans le cylindre, c'est-à-dire les mises placées verticalement : car, la présence du fer grenu dans le patin y provoquerait des criques telles que le rail pourrait à peine passer dans les cannelures sans se briser. Au surplus, les deux fers prennent au feu des couleurs différentes qui suffisent pour permettre de les distinguer. On a la précaution, pour éviter de

trop chauffer le fer à grain, que l'excès de chaleur dénature et rend aigre, de placer toujours sur la sole du four le côté du paquet où il se trouve.

Le martelage du paquet, qui précède le passage aux cylindres, détermine la soudure et *surtout* chasse complétement les impuretés, que le laminoir n'élimine qu'en très faible proportion, comme nous l'avons expliqué plus haut (1). Un autre avantage, inhérent à cette méthode, réside dans le fait que les couvertes, n'étant plus obtenues par le laminage de paquets composés de plusieurs barres en fer brut, mais provenant de loupes étirées directement au marteau et au laminoir, échappent aux chances de mauvaise soudure qu'ont par elles-mêmes les couvertes dans la méthode ordinaire, à cause de la multiplicité de leurs éléments, et ne viennent pas ajouter de nouvelles difficultés à celles que présente déjà la soudure des paquets.

Les résultats de cette méthode m'ont paru satisfaisants comme aspect : la cassure réalise parfaitement la condition requise du grain et du nerf; la dureté de la surface, éprouvée au burin, est considérable; mais le résultat le plus satisfaisant est la perfection de la soudure, qui se révèle toujours aussi complète, quel que soit le mode de rupture. Du reste, la conception de cette méthode est trop rationnelle, et les détails sont trop bien étudiés, pour que les résultats ne répondent pas aux espérances qu'on en conçoit. On peut lui objecter avec une certaine raison de ne pas réaliser complétement l'homogénéité des fers mis en présence dans le paquet. D'abord l'homogénéité absolue paraît impossible, d'après les résultats des tentatives relatées plus haut dans ce sens, tant pour le fer puddlé brut que pour le corroyé. D'un autre côté, l'homogé-

(1) Il est juste de reconnaître cependant que l'emploi du marteau présente aussi de sérieux inconvénients, résidant surtout dans la difficulté du *contreforgeage* ou forgeage sur champ, dont l'action détermine souvent le *bâillement* des mises, et, par suite, des oxydations intérieures et des soudures incomplètes.

néité absolue n'est point une nécessité : la seule chose requise est l'*identité des températures de soudure*. Or tout porte à croire qu'à moins de différences considérables dans la nature des minerais, cette identité a lieu pour les fers qui ont subi le même nombre de réchauffages, parce que c'est du nombre d'élaborations que dépend l'élimination plus ou moins complète du carbone et du silicium, qui sont les corps étrangers les plus abondants et qui exercent sur la température de soudure la plus grande influence. La méthode a donc ceci de fort digne d'approbation, que, sans s'attacher à réaliser l'homogénéité absolue, condition difficile à remplir et d'un intérêt presque théorique, elle s'est contentée d'obtenir une homogénéité relative qui, au point de vue pratique, était le seul but à atteindre.

Cette méthode a été suivie pour les compagnies qui, comme le chemin Badois, ont eu le bon esprit de ne pas réglementer la composition des paquets. Toutes n'ont pas encore osé prendre cette détermination. Le chemin Rhénan, le chemin Hanovrien, exigent encore la présence des deux natures de fer : le premier exige 32 millimètres d'épaisseur à la couverte après le laminage. Mais toutes, presque sans exception, déterminent la dimension minimum des paquets, et six d'entre elles ont demandé le martelage et la chaude supplémentaire du paquet; ce sont le chemin Rhénan, ceux de Cologne à Minden, du Main au Neckar, du Main au Weser, le chemin Badois et le chemin Bavarois. D'autres ont reculé devant la dépense, et ont demandé, au lieu du martelage, le passage au *blooming*, espèce de cylindre ébaucheur marchant à faible vitesse qui agit sur le paquet successivement dans les deux sens; toutes les compagnies, du reste, exigent le grain au champignon et le nerf dans le corps et au pied.

Objection à la condition du grain et du nerf.

M. Couche combat la clause du grain dans le champignon et du nerf dans le corps et le pied comme soulevant des *objections moins*

graves, mais de même nature, que la condition du fer puddlé pour le corps du paquet et du fer corroyé pour la couverte. La texture à grains ou à nerfs, dans le fer, tient en effet non-seulement au mode d'étirage et à des artifices de fabrication, mais aussi à une prédisposition naturelle des minerais, et cette prédisposition ne peut s'expliquer que par la présence de corps étrangers dont le rôle n'est pas parfaitement connu, mais qui ne permettent pas d'admettre une homogénéité complète entre les deux natures de fers. Toutefois ces proportions variables, et d'ailleurs très faibles, de corps étrangers, ne paraissent pas devoir agir d'une manière sensible sur la température de soudure, qui est le seul point important dans la question de l'homogénéité, et qui n'est guère influencée que par la proportion de carbone et de silicium; et comme cette proportion ne dépend que du nombre des réchauffages, il s'ensuit qu'on peut, en thèse générale, considérer comme homogènes les fers qui ont subi le même nombre de réchauffages, quelle que soit d'ailleurs leur texture moléculaire.

Rails tout en fer à grain. Impossibles avec la forme à patin.

Au surplus, cette clause du grain et du nerf n'est pas essentielle à la méthode du Phœnix, et l'on pourrait parfaitement, comme M. Couche le propose, n'admettre que le fer à grain seul pour la fabrication des rails à deux champignons. Mais cette exclusion de fer nerveux serait impossible pour la fabrication du rail américain, d'abord à cause de la difficulté de former les bords du patin avec un fer aussi sujet aux criques que le fer à grain, ensuite à cause de l'affaiblissement qui en résulterait pour le rail. M. Couche a constaté, il est vrai, que, dans les expériences de M. Weishaupt, les rails qui avaient le mieux résisté à la flexion produite par la pression étaient des rails presque entièrement composés de fers à grains; mais nous croyons, malgré l'opinion con-

traire du savant auteur, qu'il n'en serait pas de même en présence du choc. Voici les faits sur lesquels se fonde cette opinion.

Le fer à grain, dans le rail Vignole, est parfaitement choisi pour composer le champignon, non-seulement à cause de sa dureté superficielle, mais aussi à cause de sa grande résistance à la compression, résistance qui est mise en jeu lorsque le rail travaille par flexion. En revanche, sa résistance à l'extension est beaucoup plus faible. Il en résulte que, lorsqu'on agit par la pression ou le choc sur des rails du Phœnix posés sur des appuis, et dans la position renversée, leur rupture se produit à des tensions très faibles. De plus, dans le dressage à chaud, il faut avoir grand soin de ne jamais laisser le rail contracter une courbure dans laquelle le pied formerait la partie convexe, parce que, dans le dressage à froid, on serait souvent exposé à des ruptures. Il est vrai que, dans ces différents cas, la forme du rail intervient pour expliquer ces faciles ruptures, le rail Vignole résistant, comme on sait, beaucoup mieux à la flexion dans la position directe que dans la position inverse; c'est même un des arguments qui militent en faveur de son adoption. Mais la nature des fers employés pour les deux parties du rail y joue aussi un rôle considérable, et la diminution qui résulterait, dans la résistance du patin à l'extension, de l'adoption du fer à grains pour cette région, rendrait l'emploi exclusif de cette nature de fer inapplicable, au moins pour les rails fabriqués à l'usine du Phœnix.

La fabrication des rails à Ruhrort et à Eschweiler, qui sont, avec l'usine de M. Hœssch, à Düren, les seules que j'aie visitées, présente encore quelques particularités dont je ne ferai pas mention, parce qu'elles tiennent à des habitudes locales, et qu'il n'y a aucun parti à en tirer pour ce qui concerne les fabrications françaises.

Depuis la rédaction de cette note, des essais ont été entrepris aux forges de Maubeuge (Société Hamoir), d'Hayange (Société de

Wendel), de Saint-Jacques, à Montluçon (Société Bougueret-Martenot), et de l'Horme, près Saint-Chamond.

Ces essais avaient pour but de vérifier jusqu'à quel point la méthode du Phœnix pouvait s'appliquer avec les minerais traités dans les usines françaises.

Il en est résulté, comme premier fait, que l'emploi du marteau-pilon n'est pas absolument obligatoire pour obtenir la bonne soudure des paquets, pourvu que les dimensions transversales de ces derniers ne soient pas inférieures à 20 centimètres de largeur et 22 d'épaisseur.

Le point essentiel est l'emploi de minerais phosphoreux pour la fabrication de la fonte destinée au puddlage des couvertes. Il n'est pas nécessaire, d'ailleurs, pour obtenir cette fonte, d'employer exclusivement du minerai phosphoreux; il suffit d'associer, dans le haut-fourneau, une certaine proportion de ces minerais à ceux qui constituent ordinairement le lit de fusion. Les essais ont démontré, en effet, ce fait bien remarquable, mais déjà reconnu par M. Janoyer (Voyez *Annales des Mines*, t. VI, 5e série), que la présence du phosphore annule la propriété rouveraine que le soufre tend à donner aux fers, soit que ce soufre provienne des minerais, soit qu'il provienne du combustible, de sorte que les fers ainsi obtenus sont à grains fins, sans criques, bien soudants, durs et cassants à froid, tout comme les fers provenant de minerais exclusivement phosphoreux. Il importe seulement que la fonte destinée à produire les couvertes soit grise. Il n'est pas absolument nécessaire que la loupe soit martelée au sortir du four et étirée ensuite au laminoir après réchauffage au rouge cerise : dans beaucoup de cas cet étirage peut se faire en une seule chaude. L'emploi du pilon tend même souvent à détruire la texture à grain et à donner du nerf.

Quant aux autres mises des paquets, elles peuvent être composées avec du fer puddlé brut, sauf les languettes de fer corroyé, destinées aux bords du patin.

Dans ces conditions, la fabrication du rail ne coûte pas plus cher qu'avec l'emploi des couvertes en fer corroyé; il y aurait même, dans le cas où l'on ne se servirait pas du pilon, une certaine économie. Les rails ainsi obtenus sont d'ailleurs très bien soudés, sans criques, soit dans le patin, soit dans le champignon; la surface de roulement est très dure et très résistante. Il serait intéressant qu'un essai en grand vînt démontrer leur supériorité comme service sur les rails fabriqués d'après la méthode ordinaire.

On a essayé d'éluder l'emploi du minerai phosphoreux pour la couverte en faisant la couverte au moyen de fontes *mazées*. Le mazéage a pour résultat, comme on le sait, d'éliminer une forte partie du soufre : on peut ainsi éviter les criques de la couverte, qui sont dues ordinairement à la présence du soufre dans le fer, et qui sont la principale difficulté qu'on rencontre lorsqu'on veut faire des rails exclusivement en fer puddlé brut. Mais l'emploi du mazéage pour la fonte des couvertes soulève les mêmes objections, relativement à la soudure, que l'association des fers puddlé et corroyé dans le paquet. En effet, quoique pratiquée sur la fonte, ce n'en est pas moins une opération d'affinage de plus, opération tout à fait équivalente, au point de vue de la composition chimique du fer, au réchauffage que subit le fer corroyé. Elle doit donc être proscrite au même titre de toute fabrication rationnelle, la soudure complète étant le premier but à poursuivre et le plus difficile à atteindre.

Note sur les réservoirs à fond sphérique du chemin de fer du Midi

Par M. Ch. Richoux.

La Compagnie du chemin de fer du Midi a établi, pour ses alimentations, deux types de châteaux d'eau qui présentent quelques dispositions particulières qu'il nous a paru intéressant de signaler, d'autant mieux qu'elles paraissent avoir été mal comprises par quelques-uns des recueils qui en ont donné les dessins.

Le but que la Compagnie s'est proposé a été de diminuer autant que possible la dépense afférente à cette partie de la construction, tout en satisfaisant aux diverses exigences du service, et en particulier à la condition de rendre accessibles toutes les parties de la cuve, de telle sorte que les fuites puissent être arrêtées aussitôt qu'elles paraissent.

Elle a atteint ce but en réduisant à deux le nombre des types de ce genre de bâtiments, et en leur donnant des dimensions suffisantes pour pouvoir loger sous la cuve la pompe, la machine et la chaudière. (La machine est verticale et à action directe sur la pompe, et la chaudière est tubulaire.)

Le premier type contient une cuve dont la capacité peut varier de 65 à 90 mètres cubes par une simple augmentation de hauteur; le deuxième type renferme deux cuves du même diamètre que la première, et contenant, suivant leur hauteur, 130 ou 180^{m3}. Ce dernier type peut s'allonger et renfermer trois ou quatre réservoirs au lieu de deux, et donner ainsi un cube d'eau de 360^{m3}; mais on

a généralement préféré construire deux bâtiments distincts, qui satisfont mieux aux conditions générales du service.

Les maçonneries du premier type ont, en plan, une forme octogonale dont chaque face présente une baie en arcade ; celles de ces baies qui ne sont pas nécessaires pour l'éclairage sont fermées par une cloison d'une demi-brique ; les autres sont closes par une fenêtre ou par une porte vitrée.

Les maçonneries du deuxième type ont, en plan, la forme d'un maillon de chaîne, dont la portion droite a été calculée de manière à laisser entre les deux cuves l'intervalle nécessaire au passage de la colonne d'amenée de l'eau. Les baies sont d'ailleurs disposées comme dans le premier type.

Au moyen de ces dispositions, on a pu donner aux piliers qui séparent les arcades les dimensions strictement nécessaires pour résister aux charges qu'ils supportent, ce qu'on ne peut faire avec les murs pleins généralement adoptés.

Les cuves ont un diamètre uniforme de 5^m, diamètre nécessaire, mais suffisant pour dispenser de toute annexe destinée à contenir les machines, et correspondant sensiblement à celui qui convient pour que le poids de la cuve soit un minimum par rapport au volume d'eau contenu.

Ces cuves ont un fond sphérique, de telle sorte qu'elles dispensent du plancher destiné à supporter les cuves ordinaires. Dans le premier type, elles reposent directement sur les maçonneries ; dans le deuxième, elles portent, soit sur les maçonneries, soit sur des poutres horizontales reposant, d'une part sur les murs, d'autre part sur le chapiteau d'une colonne creuse servant de tuyau d'arrivée d'eau.

Nous ne nous occuperons dans cette note, ni des maçonneries, ni des machines : nous nous bornons à étudier la question neuve, celle des cuves à fond sphérique.

Les avantages attachés à cette forme de réservoir au point de vue de la facilité des réparations suffiraient largement pour en mo-

tivar l'adoption, quand même le prix de revient serait plus élevé, que celui des cuves à fond plat avec leurs planchers ; mais l'économie est encore du côté des nouvelles cuves, ainsi que nous allons le montrer.

Les cuves de dimensions moyennes généralement adoptées par les compagnies de chemin de fer ont 5^m de diamètre et 4^m de hauteur, soit un cube de $78^m.50$: elles sont formées dans la hauteur par 4 couronnes de tôle ayant pour épaisseur 4^{mm}, 3^{mm}, 2^{mm} et 2^{mm}, et on donne généralement au fond une épaisseur de 3^{mm}. Dans ces conditions la cuve pèse 2,590 kil. environ, et contient 78^{m3} 500 d'eau.

Le plancher est formé par des solives en chêne espacées de $0^m.50$, ayant un équarrissage calculé de $0^m.15$ sur $0^m.30$. Il y a en tout huit de ces solives : quatre ont $4^m.90$ de longueur, deux autres ont 4^m, et les deux dernières ont $2^m.90$, ce qui représente un cube total de 1^{m3} 500.

Le prix de revient sera donc :

2.590kg	à 0.72	=	1.864f. 80
1m.500	à 120c	=	180 »
			2.044 80

Soit 26c.05 par mètre de capacité d'eau.

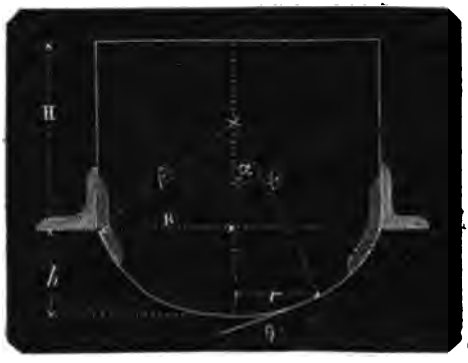
Les réservoirs du Midi ont leur partie cylindrique formée de la même manière que les précédents ; mais le fond a la forme d'une calotte sphérique de 0.625 de flèche ; l'épaisseur des tôles qui le composent est de 0.004, quoique le calcul indique que 0.002 suffiraient. La surépaisseur de 0.002 a été donnée pour tenir compte de l'oxydation, la tôle n'ayant pas été galvanisée.

Le fond est assemblé à la partie cylindrique par une cornière de $\frac{70 \times 70}{8}$; une autre cornière de $\frac{80 \times 80}{10}$ est fixée à la partie cylindrique, et forme la base sur laquelle toute la cuve repose sur les maçonneries.

Dans ces conditions la cuve contient 84^{m3} 800 et pèse 2,950 kil. environ; le prix de revient est alors de $2950 \times 0.72 = 2,124$ fr., soit 25 fr. 05 par mètre d'eau, ce qui donne une économie de 1 fr. par mètre de capacité

Cette économie augmenterait beaucoup avec le diamètre du réservoir et avec sa hauteur.

Détermination des dimensions à donner aux cuves.



Soient :

r le rayon de la circonférence déterminée par une section quelconque du fond, perpendiculaire à l'axe du réservoir.

ρ le rayon du fond correspondant à un point quelconque de la circonférence de rayon r.

α l'angle formé par l'axe du réservoir, et le rayon du fond ρ aboutissant à un point quelconque de la circonférence de rayon r.

R le rayon de la partie cylindrique.

h la flèche totale du fond.

p le poids de l'eau contenue dans la portion du réservoir qui aurait pour enveloppe un cylindre de rayon r et de même hauteur que la cuve.

p' le poids de la tôle bornant la paroi sphérique qui sert de base au cylindre que nous venons de considérer.

H la hauteur de la partie cylindrique du réservoir.

P le poids de l'eau qu'il contient.

P' le poids total du fond.

Pour qu'il y ait équilibre, il faudra que la section de la tôle, cor-

respondant à une section circulaire quelconque de rayon r, soit capable de résister à la tension résultant du poids $p+p'$.

Si nous désignons par θ la tension par unité de longueur de cette section, l'équation d'équilibre prise par rapport à l'axe du réservoir sera :

$$\frac{p+p'}{2\pi r} - \theta \sin \alpha = o$$

ou, en remplaçant sin. α par sa valeur :

$$\text{Sin } \alpha = \frac{r}{\rho}$$

$$\theta = \frac{(p+p')\rho}{2\pi r^2}$$

Il est évident que cette valeur croît à mesure que r augmente, et qu'elle atteint son maximum T lorsqu'on a

$$r = \text{R}, \; p = \text{P} \text{ et } p' = \text{P}'$$

ou bien que

$$\text{T} = \frac{(\text{P}+\text{P}')\rho}{2\pi \text{R}^2} \qquad (1)$$

Cette équation montre que pour un même rayon R et pour un même poids P, la tension est proportionnelle à ρ ; par suite P′ est proportionnel à cette même quantité ; de telle sorte que T atteint son maximum lorsqu'on a

$$\rho = \text{R}$$

c'est-à-dire quand le réservoir est hémisphérique.

Dans les applications il faudrait se garder de tenir absolument à cette condition : car, pour un même réservoir, plus la flèche du fond est grande, plus grand est le nombre des assemblages de tôles, et par conséquent plus la difficulté d'obtenir une surface régulière augmente. Or, l'irrégularité de cette surface donne lieu à des variations considérables dans la tension de ses différentes parties,

et ces variations, qui changent avec le niveau de l'eau dans la cuve, tendent à détruire rapidement les assemblages. Le réservoir de Chaillot est un exemple remarquable des inconvénients que nous venons de signaler.

Si on se donne R et h, il est facile de voir que

$$\rho = \frac{R^2 + h^2}{2h}, \qquad (2)$$

valeur qu'on devra substituer dans l'équation (1).

Quant aux valeurs de P et P′, elles seront

$$P = 1000\,\pi \left(R^2 H + h^2\left(\rho - \frac{h}{3}\right)\right) \qquad (3)$$

$$P' = 7800\,\pi\,\rho^2\,he \qquad (4)$$

dans lesquelles 1000 représente le poids d'un mètre cube d'eau, 7800 le poids du mètre cube de fer, et e l'épaisseur supposée connue de la tôle de fond.

Les valeurs (2) et (3) mises dans l'équation (1), dans laquelle on néglige d'abord le terme P′, conduiront à une première valeur de la tension T, laquelle servira à déterminer e, et par suite P′, de sorte que cette nouvelle valeur mise avec les précédentes dans (1) donnera pour T un nouveau nombre plus voisin de la vérité que le premier ; et en continuant ces substitutions on obtiendra deux valeurs consécutives qui pourront ne différer entre elles que d'une quantié aussi petite qu'on voudra.

Pour déterminer l'épaisseur e de la tôle du fond à l'aide de la première valeur de T, on a, en désignant par K la charge de sécurité à laquelle on peut soumettre la tôle du fond :

$$e = \frac{T}{K}. \qquad (5)$$

Les formules (1), (2), (3), (4), (5), nous permettent donc d'obtenir la valeur finale de e.

Il nous reste à montrer comment on trouvera les dimensions des

cornières, qui, dans le genre de réservoirs dont nous nous occupons, relient le fond à la paroi verticale, et équilibrent en même temps les effets de la tension T.

L'ensemble de ces cornières, ou couronne, peut être considéré comme un solide soumis à deux efforts, l'un vertical, R, produit par la réaction des appuis, l'autre horizontal, L, dû à la différence algébrique $q - q'$ des efforts de compression et de tension provenant l'une de la pression de l'eau sur le fond, l'autre de la pression de l'eau sur la couronne.

Si l'on se donne la hauteur h de cette couronne, en se réservant de déterminer sa largeur, on aura pour l'effort q' par unité de longueur de la circonférence de la couronne :

$$q' = \mathrm{H}.h.1000.$$

Quant aux forces q et R, on les obtiendra par la décomposition de la tension T.

La composante verticale R, ou réaction des appuis par unité de longueur, est :

$$\mathrm{R} = \mathrm{T}\sin\alpha = \mathrm{T}\frac{\mathrm{R}}{\rho} = \frac{\mathrm{P}+\mathrm{P}'}{2\pi\mathrm{R}},$$

c'est-à-dire, égale au poids total du réservoir.

La composante horizontale q sera :

$$q = \mathrm{T}\cos\alpha = \mathrm{T}\sqrt{\frac{z-\mathrm{R}^2}{\rho^2}};$$

par suite, la valeur de Q sera

$$\mathrm{Q} = q - q' = \mathrm{T}\sqrt{\frac{\rho^2-\mathrm{R}^2}{\rho^2}} - \mathrm{H}\,h.1000.$$

Suivant que cette différence sera positive ou négative, la couronne sera soumise à un effort de compression ou à un effort de traction, mais, en général, Q sera positif.

Connaissant Q, il sera facile de déterminer la section de la cou-

ronne : car, celle-ci ne pouvant se rompre que suivant un diamètre

tel que AB, l'effort qui tend à produire la séparation s'obtiendra en décomposant Q suivant deux directions, l'une parallèle à AB, l'autre perpendiculaire à cette même droite.

Les composantes des forces parallèles à AB pour des points symétriques se font équilibre, et il ne reste plus à considérer que les forces perpendiculaires à cette droite.

Si nous appelons aa' un arc élémentaire de la couronne, et α l'angle que forme la perpendiculaire à cet élément passant par le centre de la couronne avec le diamètre AB, la pression par unité de longueur de cet arc étant égale à Q, on aura pour la composante O :

$$O = aa' Q \times \cos \alpha,$$

et pour la circonférence entière :

$$\Sigma O = Q \Sigma aa' \cos \alpha = Q \times 2R;$$

pour l'équilibre, il faudra que la surface qui résiste à l'arrachement ou à la compression multipliée par le coefficient de sécurité K, dont on peut la charger, soit égale à ΣO ; or, cette surface est évidemment égale à $2h'e'$; h' représentant la hauteur de la couronne et e' son épaisseur. On devra donc avoir :

$$h'e' = \frac{QR}{K'},$$

Si nous appliquons ces formules aux réservoirs du Midi, pour lesquels on a :

$$R = 2^{m}.500$$

$$H = 3^{m}.000$$

$$h = \frac{R}{4} = 0^{m}.625,$$

on obtiendra :

$$\rho = \frac{R^2 + h^2}{2h} = 5^{m}.312$$

$$P = 1000\,\pi\left\{R^2 H + h^2\left(\rho - \frac{h}{3}\right)\right\} = 65184^{k},$$

ce qui correspond à un volume d'eau de $65^{m3}.184$; et en supposant d'abord, au fond, une épaisseur de 0,00147,

$$P' = 7{,}800\,\pi\rho^2\,h\,e = 635,$$

d'où

$$T = \frac{(P+P')\rho}{2\pi R^2} = 8907^{k}.$$

Cette première valeur de T, mise dans l'équation

$$e = \frac{T}{K},$$

donne

$$e = \frac{8907}{6.000.000} = 0{,}001486,$$

valeur qui ne diffère que de 4 cent millième de la valeur primitivement supposée.

En continuant les calculs, on a :

$$q = T\sqrt{\frac{\rho^2 - R^2}{\rho^2}} = 7859^{k},$$

et en se donnant $h' = 0{,}08$

$$q' = h' \times H \,.\, 1000 = 240^{k}$$

$$Q = q - q' = 7619^{k}$$

$$e'\,h' = \frac{QR}{K'} = 0{,}003175^{k}$$

On a fait en exécution :

$$e = 0^{m},004$$

et $e'\,h' = 0^{m2},003375^{mm}$.

Cette section a été obtenue par deux cornières : l'une de $\frac{80 \times 80}{15}$, l'autre de $\frac{70 \times 70}{8}$, et l'on a compté sur la hauteur de tôle de 4 millimètres d'épaisseur comprise entre ces cornières.

Ces réservoirs ainsi construits fonctionnent depuis quatre années ; il y en a même qui ont été surélevés de façon à porter la hauteur totale à 4 mètres et le cube à $84^{m}.809$, sans qu'après deux années de service il y ait eu aucune réparation à leur faire subir.

Ces résultats sont tout à fait opposés à ceux qu'on a pu constater sur le réservoir de Chaillot. Le bassin a été abandonné aussitôt que construit ; mais en calculant ses dimensions, on voit qu'il était dans de très mauvaises conditions.

La cuve de Chaillot peut contenir 1270^{m3} d'eau ; ses dimensions sont les suivantes :

Rayon de la base 10^{m}, hauteur de la partie cylindrique $2^{m}.50$, flèche du fond 3^{m}, épaisseur du fond 7^{mm}, section de la couronne 0,01457.

En calculant les efforts auxquels les différentes parties de ce réservoir sont soumises d'après les formules ci-dessus, on trouve que la tôle du fond travaille à $5^{k}.948$, et la couronne en fonte à 23 kil. 8, soit environ au tiers de la rupture.

Cette charge énorme a produit la déformation de la couronne : car dans cette cuve les tôles du fond sont rivées sur cette pièce, disposition très vicieuse ; le relèvement a entraîné le gondolement des tôles du fond, et les mouvements ont été rendus d'autant plus faciles que les tôles n'étaient pas jointes suivant des méridiens et des parallèles, c'est-à-dire selon la direction des lignes de rupture, mais qu'elles étaient assemblées rectangulairement suivant deux bandes en croix, avec remplissage exécuté de la même manière pour les quatre triangles laissés vides par les branches de la croix.

CATALOGUE

DES OUVRAGES COMPOSANT LA BIBLIOTHÈQUE

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS.

AGRICULTURE ET GÉOLOGIE.

Agriculture allemande, ses écoles, son organisation, ses mœurs et ses pratiques les plus récentes, par M. Royer.
Agriculture française, départements de l'Isère, du Nord, des Hautes-Pyrénées, du Tarn, des Côtes-du-Nord, de la Haute-Garonne, de l'Aube; par les inspecteurs de l'agriculture.
Agriculture (Cours de M. Gasparin).
Bulletins de la Société impériale et centrale d'agriculture.
Drainage des terrains en culture, par M. Le Grand.
Etudes géologiques sur le département de la Nièvre, par M. Ebray.
Etudes paléontologiques sur le département de la Nièvre, par M. Ebray.
Guide du draineur, par M. Faure.
Géologie du Pérou, par M. Crosnier.
Géologie du Chili, par M. Crosnier.
Irrigations. Rapport de M. Le Chatelier sur un mémoire de MM. Thomas et Laurens.
Maison rustique, par MM. Ysabeau et Bixio.
Maladie de la vigne (Rapport sur la), par M. Marès.
Note sur le progrès agricole, par M. Ernest Pépin-Lehalleur.
Note sur les puits artésiens du Sahara oriental, par M. Ch. Laurent.
Programme pour le Cours de génie rural, par M. Faure.
Programme pour le Cours de génie rural, par M. Trélat.
Rapport sur les eaux de la ville de Liége, par M. G. Dumont, ingénieur des mines.
Recherches sur les eaux employées dans les irrigations, par MM. Salvetat et Chevandier.
Traité complet de l'élève du cheval en Bretagne, par M. Ephrem Houel.

CHEMINS DE FER.

Accidents, moyens pour les prévenir, notes sur le journal *Le Brevet d'invention*, par M. Jules Gaudry.
Accidents sur les chemins de fer, par M. Emile With.
Accidents sur les chemins de fer, par M. Pacquerie.
Album des chemins de fer, par M. Cornet.
Améliorations à introduire dans l'exploitation des chemins de fer, par M. Bordon.
Appareils électriques destinés à assurer la sécurité sur les chemins de fer, par M. Marquefoy.
Appareil dit *avertisseur*, ou signal d'arrêt des trains, par M. Grivel.
Assainissement et consolidation des talus, par M. Bruère.
Cahier des charges de la Compagnie du chemin de fer du Midi, remis par M. Bellier.
Changement et croisement de voie, par M. Thouvenot.
Chemins de fer d'Angleterre en 1851. Matériel fixe, matériel roulant, exploitation et administration, législation et statistique, par M. Le Chatelier.
Chemin de fer hydraulique. Distribution d'eau et irrigations, par M. L.-D. Girard.
Chemin de fer de Constantinople à Bassora, par MM. Emile et Alexis Barrault.
Chemin de fer occidental de Mons, Jemmapes et Saint-Ghislain à Nieuport, par MM. Guibal et Baulleux.
Chemins de fer français, par M. Victor Bois.
Chemins de fer suisses (Rapport sur les).
Chemin de fer de Marseille au Rhône et à Avignon (Rapport de l'Assemblée générale du).
Chemin entre Vitry et Gray, par M. Brière de Mondétour.
Chemin de Metz à Sarrebruck (Projet), par MM. Flachat et Petiet.
Chemin de Paris à Meaux, par MM. Mony, Flachat, Petiet et Tourneux.
Chemin de fer Victor-Emmanuel (Cahier des charges), par M. Capuccio.
Clepsydre à signaux (Note sur une), par M. Delacroix.
Combustibles employés pour le service des chemins de fer, par M. de Fontenay.
Comptabilité du matériel des chemins de fer, par M. Hubert.
Considérations sur les serre-rails et table-rails, par M. Barberot.
Consultations sur des questions de droit présentées par les compagnies de chemins de fer.
Croisements des voies, par M. Le Cler.
Description d'un nouveau système de signal électrique, par M. Fernandez de Castro.
Enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation sur les chemins de fer.
Essieux pour les chemins de fer, par M. Benoit Duportail.
Frein automoteur (Rapport), par MM. Robert, Combes et Couche.

Frein dynanométrique, par M. Chuwab.
Frein hydraulique, par M. Meller jeune.
Frein instantané pour chemin de fer, par M. Tourasse.
Guide du mécanicien, constructeur et conducteur de machines locomotives, par MM. Le Chatelier, E. Flachat, J. Petiet et C. Polonceau.
Guide commercial à l'usage des chefs de gares et stations, par M. Petit de Coupray.
Indicateurs électriques destinés à compléter la sécurité des trains sur les chemins de fer, par M. Regnault.
Locomotive à grande vitesse, avant-train mobile, par M. Robert d'Erlach.
Locomotive à poids utile pour le passage des Alpes et des Pyrénées sur les rampes de 5 %, par M. Cernuschi.
Locomotive de M. Haswell (Note descriptive sur une), par M. J. Gaudry.
Manuel Roret (construction des chemins de fer), par M. Emile With.
Matériel des chemins de fer. De la réception, par M. Benoit Duportail.
Matériel des chemins de fer. Documents officiels, par MM. Valério et de Brouville.
Matériel roulant permettant la construction des chemins de fer à petites courbes et fortes rampes, par M. Edmond Roy.
Matériel roulant des chemins de fer, par M. Nozo.
Nouveau système de pose de rails, par MM. Prestat, Thibaut et Constant.
Programme de concours pour une machine pour le chemin de fer du Sœmmering. Conseil d'Autriche.
Pentes et rampes, par M. Léveillé.
Proposition de la ville d'Orléans (sur une modification du raccordement).
Rapport sur les chemins de fer neuchâtelois, par M. de Pury.
Rapport sur le chemin de fer d'Anvers à Gand, par M. Prisse.
Rapport des Commissions sur l'application du fer dans la construction des chemins de fer, par M. Hodgkinson.
Rapport du conseil d'administration du chemin de fer Hainaut et Flandres.
Rapports présentés par les administrations de chemins de fer aux assemblées générales.
Résistance dans le passage des courbes dans les chemins de fer, par M. Wissocq, ingénieur des mines.
Résistance des convois à l'action des moteurs, par M. Jousselin.
Télégraphie électrique, par M. Victor Bois.
Tracé des chemins de fer (Rapport fait à la Commission).
Traité élémentaire des chemins de fer, par M. Perdonnet.
Voies ferrées économiques (Mémoire à l'appui de l'établissement des), par M. G. Love.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

Appareils de chauffage, par M. J.-B. Martin.
Appareil fumivore, par M. Marion Fauvel et C^e^.
Céramique (Leçons de), par M. Salvetat.

Chauffage et ventilation de la nouvelle Force, à Paris, par M. Ph. Grouvelle.
Chimie industrielle (Précis de) (texte et planches ensemble), par M. Payen.
Coloration et conservation des bois. Réponse au Rapport des experts, par M. Gardissal.
Combustion de la fumée et des gaz combustibles, par M. Petitpierre Pelhon.
Conservation, incorruptibilité et incombustibilité des bois (Notice), par MM. J.-B. Perin et Meyer d'Uslar.
Conservation des bois, par M. Jousselin.
Emploi du sucre pour préserver les chaudières à vapeur des incrustations salines, par M. Guinon.
Explosion des machines à vapeur, par M. Andraud.
Emaux colorés sur couches minces à la peinture ordinaire des panneaux de voitures de chemins de fer, par MM. Mercier et de Fontenay.
De l'éclairage par le gaz hydrogène carboné, par M. Gaudry père.
Études sur les corps à l'état sphéroïdal, par M. Boutigny, d'Evreux.
Fourneaux fumivores. Historique et état actuel de la question, par M. Wolski.
Fabrication du gaz à la houille et du gaz à l'eau, par M. Faure.
Four à coke à compartiments fermés, par M. Tériot.
Histoire et fabrication de la porcelaine chinoise, par M. Salvetat.
Mémoire sur la gélatine, par M. de Puymaurin.
Rapport sur les fabriques de produits chimiques en Belgique, remis par M. Mesdach.
Recherches sur la composition des matières employées dans la fabrication et la décoration de la porcelaine en Chine, par MM. Salvetat et Ebelmen.
Rapport sur les arts céramiques fait à la Commission francaise du jury international de l'Exposition de Londres, par MM. Ebelmen et Salvetat.
Silicatisation ou application des silicates alcalins solubles au durcissement des pierres poreuses, par M. Kuhlmann.
Traité élémentaire du calorique latent, par M. Jullien.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS.

Navigation, Voirie, etc.

Application de la tôle à la construction des ponts du chemin de fer de ceinture, par M. Brame.
Arches de ponts envisagées au point de vue de la plus grande stabilité, par M. Yvon Villarceau.
Assainissement de Paris, par M. Beaudemoulin.
Bétons moulés et comprimés, par M. François Coignet.
Chemins de halage et berges des canaux d'Angleterre et d'Ecosse, par M. E. Vuigner.

Construction des tunnels de Saint-Cloud et de Montretout (Notice), par M. Tony Fontenay.
Construction des viaducs, ponts-aqueducs, ponts et ponceaux en maçonnerie, par M. Tony Fontenay.
Chemins vicinaux, par M. Volland.
Canal du Berri (Rapport sur le), par M. Petiet.
Canal de Suez. Question du tracé, par MM. Alexis et Emile Barrault.
Canalisation des fleuves et rivières, par M. Henri Filleau de Saint-Hilaire.
Chute des ponts (De la), par M. Minard.
Construction du Palais de l'Industrie, par MM. A. Barrault et Bridel.
Construction de la toiture d'un atelier, par M. Prisse.
Constructions économiques et hygiéniques, par M. Lagout.
Construction des ponts et viaducs en maçonnerie, par M. Edmond Roy.
Construction des formules de transport pour l'exécution des terrassements, par M. Dinan.
Docks à Marseille (Projet), par M. Flachat.
Digues monolithes en béton aggloméré, par M. Coignet.
Eaux de Seine de Saint-Cloud amenées directement au château, par M. Armengaud aîné.
Egouts. Construction sous le rapport de la salubrité publique, par M. Versluys.
Embellissements de la ville de Bordeaux, par M. Léon Malo.
Emploi de la tôle, du fer forgé et de la fonte dans les ponts, par M. Cadiat.
Etude sur les isthmes de Suez et de Panama, par M. F.-N. Mellet.
Habitations ouvrières et agricoles, par M. Emile Muller.
Inondations souterraines, par M. Vuigner.
L'Opéra et le Théâtre de la Seine, par M. Barthélemy.
Mémoire de la Chambre de commerce de Lorient, par M. Jullien.
Mémoire sur la force des matériaux, par M. Hodgkinson.
Matériaux de construction de l'Exposition universelle, par M. Delesse.
Nivellements (Notice sur les), par M. Bourdaloue.
Nivellement (Notice sur le), par M. Petiet.
Notice sur les eaux de Paris, par M. Ch. Laurent.
Notice sur les travaux et les dépenses du chemin de fer de l'Ouest exécutés par l'Etat, par M. A. Martin.
Passerelles sur les grandes voies publiques de la ville de Paris, par M. Herard.
Pavage et macadamisage (Rapport sur le), par M. Darcy.
Percement de l'isthme de Suez, par M. Ferdinand de Lesseps.
Percement de l'isthme de Panama par le canal de Nicaragua (Exposé de la question par MM. Félix Belly et Thomé de Gamond).
Ponts avec poutres tubulaires en tôle (Notice sur les), par M. L. Yvert.
Ponts suspendus, ponts en pierre, en bois, en métal, etc., par M. Boudsot.
Ponts biais en fonte de Villeneuve-Saint-Georges, par M. Jules Poirée.
Ponts métalliques (Traité théorique et pratique de la construction des), par MM. Molinos et Pronnier.
Ponts suspendus avec câbles en rubans de fer laminé, par MM. Flachat et Petiet.

Rapport sur les portes en fonte de fer établies au canal Saint-Denis, par M. Vuigner.
Rapport sur les ponts suspendus et sur la force et la meilleure forme des poutres de fer fondu, par M. Hodgkinson.
Rapport sur le pont de Cubzac, par M. Gayrard.
Recueil de machines à draguer et appareils élévatoires, par M. Castor.
Tables de coefficients, par M. Lefrançois.
Théorie pratique et architecture de ponts, par M. Brunell.
Travaux hydrauliques de la France et de l'étranger, par M. Boocchieri.
Tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France (avant-projet d'un), par M. Thomé de Gamond.

DIVERS.

Ouvrages dépareillés, etc.

Annuaire du consommateur d'acier, par M. Duhamel.
Appareils photographiques, par M. Charles Brooke.
Aide-mémoire des ingénieurs, par M. Richard.
Bibliothèque scientifique industrielle (De la nécessité de créer une), par M. Mathias.
Construction et emploi du microscope, par M. Charles Chevalier.
Cosmographie (Précis élémentaire), par M. Vallier.
Des voies navigables en Belgique, par M. l'inspecteur Vifquain.
Dictionnaire technologique français, anglais et allemand, par M. Gardissal.
Du cheval en France, par M. Charles de Boigne.
Ecole d'arts et métiers d'Angers (Notice), par M. Guettier.
Encyclopédie biographique sur M. Hodgkinson.
Etoiles doubles, par M. Yvon Villarceau.
Excursion en Angleterre et en Ecosse, par M. Burel.
Exposition universelle. Une dernière annexe, par M. Andraud.
Formulaire de l'ingénieur, par M. Armengaud jeune.
Géométrie descriptive (Eléments), par M. Babinet.
Guide du photographe, par M. Charles Chevalier.
Guide-manuel de l'inventeur et du fabricant, par M. Armengaud jeune.
La Russie et ses chemins de fer, par M. Emile Barrault.
L'Ingénieur de poche, par MM. J. Armengaud et E. Barrault.
Lettre adressée à la Chambre de commerce, par M. Calla.
Manuel du conducteur et de l'agent voyer, par M. Vauthier.
Manuel aide-mémoire du constructeur de travaux publics et de machines, par M. Emile With.
Marques de fabrique. Guide pratique du fabricant et du commerçant, par E. Barrault.
Matières textiles, par M. Alcan.
Note sur les fraudes dans la vente du sel, par M. Daguin.
Notice sur J. P. J. d'Arcet.

Notice sur Philippe de Girard, par M. Benjamin Rampal.
Nouvelles inventions aux Expositions universelles, par M. Jobard.
Première année au collége, par M. Gardissal.
Rapports sur le rouissage du lin, sur le drainage, sur l'exploitation de la tourbe et sur la fabrication des engrais artificiels et commerciaux, par M. Payen.
Rapport de M. Alcan sur la peigneuse mécanique de M. Josué Helmann.
Rapport du Jury international de 1855.
Rapport sur l'Exposition universelle de 1855, relatif aux exposants de la Seine-Inférieure, par M. Burel.
Registre des chevaux pur sang.
Règle à calcul (Notice sur l'emploi de la), par M. Guiraudet.
Revue provinciale, remis par M. Gayrard.
Taux légal de l'intérêt, par M. Félix Tourneux.
Thèse pour la licence, par M. Deville.
Technologiste (Journal).

MINES ET MÉTALLURGIE.

Alliages des métaux industriels (Recherches pratiques), par M. Guettier.
Bassin houiller de Graissessac, par M. Mercier de Buessard.
Carbures de fer. En général, les fers impurs sont des dissolutions; par M. C.-E. Jullien.
Canaux souterrains et houillères de Worsley, près Manchester (Mémoire sur les), par MM. H. Fournel et Dyèvre.
Coulée de moules en coquilles sur l'application de l'électricité aux métaux en fusion et sur le tassement des métaux, par M. Guettier.
Dimensions et poids des fers spéciaux du commerce, par M. Camille Tronquoy.
Exploitation des mines, de leur influence sur la colonisation de l'Algérie, par M. Alfred Pothier.
Fabrication et prix de revient des rails (Mémoire sur la), par M. Curtel.
Fonderie (De la) telle qu'elle existe aujourd'hui en France, par M. Guettier.
Fusées de sûreté (de MM. Chenu et C^e^), par M. Le Chatelier.
Guide du sondeur, avec atlas, par M. Degousée.
Houilles sèches et maigres du bassin de la Sambre inférieure.
Mémoire sur les principales variétés de houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France, par M. de Marsilly.
Minerais d'étain exploités à La Villède, par M. Guettier.
Mines de houille de l'Angleterre (Rapport sur les), par M. Th. Guibal.
Mines de la Grand'Combe (Rapport sur les).
Recherches expérimentales sur la forme des piliers de fer fondu et autres matériaux, par M. Hodgkinson.

Recherches expérimentales sur la force et autres propriétés du fer fondu, par M. Hodgkinson.
Situation de l'industrie houillère, par M. A. Burat.
Sondage à la corde (Notice), par M. Le Chatelier.
Sondage à la corde (Notice), par M. Ch. Laurent.
Sondes d'exploration (Description et manœuvre des), par M. Ch. Laurent.
Traité de la fabrication de la fonte et du fer, par MM. Flachat, Petiet et Barrault.
Traitement des minerais de cuivre (Sur un nouveau procédé de), par M. Petitgand.

MÉCANIQUE.

Barrage hydropneumatique, par M. Girard.
Bâtiments à vapeur. Tenue du journal, par M. Petiet.
Contre-poids (Des) appliqués aux roues motrices des machines-locomotives, par MM. Couche et Resal.
Calculs sur la sortie de vapeur dans les machines-locomotives, par M. Jeanneney.
Calculs sur l'avance du tiroir, les tuyaux d'échappement, les conduits de vapeur et de fumée, dans les machines-locomotives, par MM. E. Flachat et Petiet.
Construction des boulons, harpons, écrous, clefs, rondelles, goupilles, clavettes, rivets et équerres; suivi de la Construction de la Vis d'Archimède; par M. Benoit Duportail.
Distribution d'eau de 300 pouces pour la ville de Toulouse (Projet), par M. J. Guibal.
Equilibre des voûtes. Examen historique et critique des principales théories, par M. Poncelet.
Engrenage à coin, par M. Minotto.
Etudes sur la résistance des poutres en fonte, par M. Guettier.
Force motrice produite par la dilatation de l'air et des gaz permanents, par M. Montravel.
Graissage à l'huile appliqué aux véhicules des chemins de fer, par M. Dormoy.
Guide du chauffeur et du propriétaire de machines à vapeur, par MM. Grouvelle et Jaunez.
Machines à vapeur fixes ou locomobiles (Recueil des) de M. Cumming.
Machines à vapeur (Traité des), par M. Jullien.
Machines à disques, par M. Rennie.
Machines à vapeur (Traité élémentaire et pratique), par M. Jules Gaudry.
Machine avec générateur à combustion comprimée (de M. Pascal) (Rapport sur la), par M. Colladon.
Machine à vapeur rotative du système Chevret et Seyvon.

Manége Pinet (Rapport sur le), par M. Pinet.
Mécanique pratique. Leçon, par M. A. Morin.
Moteur des convois de chemin de fer dans les grands tunnels (Notice sur le), par M. Nickles.
Navigation fluviale par la vapeur, par MM. Ferdinand Mathias et Callon.
Notice sur un navire à hélice (*Le Chaptal*, construit par M. Cavé), par M. Jules Gaudry.
Notice historique sur l'emploi de l'air comprimé, par M. Gaugain.
Propulsion atmosphérique, par M. Petiet.
Rapport des experts dans l'affaire Guebhard et Schneider, par MM. Faure, Boutmy et Flachat.
Rapport sur la peigneuse mécanique de M. Josué Heilman, par M. Alcan.
Rapport sur le moteur-pompe de M. Girard, par M. Callon.
Rapport sur les machines et outils employés dans les manufactures (Exposition universelle de Londres 1851), par M. le général Poncelet.
Rapport de la Commission chargée d'examiner les divers projets présentés à la Société des charbonnages de Saint-Vaast pour le percement des sables mouvants de son puits de Bonne-Espérance, de M. Th. Gaibal.
Résistance de la fonte de fer par la compression, par M. Damourette.
Ressorts en acier (Manuel pratique pour l'étude et le calcul des), par M. Phillips.
Ressorts en acier (Mémoire sur les), par M. Phillips.
Scie à recéper sous l'eau (Notice sur la construction d'une), par M. Ganneron.
Théorie de la coulisse, par M. Phillips.
Théorie de la résistance et de la flexion plane des solides, par M. Bélanger.
Tachomètre (Notice sur un), par M. Deniel.
Turbines hydropneumatiques, par MM. Girard et Callon.
Transmission à grandes vitesses. Paliers graisseurs de M. de Coster, par M. Benoit Duportail.
Théorie analytique du gyroscope de M. L. Foucault, par M. Yvon Villarceau.

OUVRAGES PÉRIODIQUES.

Album pratique d'ornements, par M. Oppermann.
Annales des ponts et chaussées.
Annales des mines.
Annales de la construction, par M. Oppermann.
Annales télégraphiques.
Annales des conducteurs des ponts et chaussées.
Annales forestières.
Annuaires de la Société des anciens élèves des Ecoles impériales d'arts et métiers.
Bulletins de la Société d'encouragement.

Bulletins de la Société des ingénieurs civils de Londres, année 1837 à 1851.
Bulletins de l'institution *of Mechanical Engineers*.
Bulletins de la Société industrielle de Mulhouse.
Bulletins de la classe d'industrie et de commerce de la Société des arts de Genève.
Bulletins de la Société impériale et centrale d'agriculture.
Bulletins de la Société vaudoise.
Bulletins des ingénieurs suédois.
Bulletins de la Société minérale de Saint-Etienne.
Bulletin des séances de la Société impériale et centrale d'agriculture.
Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences.
Compte rendu des séances du cercle de la Presse scientifique.
Journal des ingénieurs et architectes anglais.
Journal des ingénieurs autrichiens.
Journal L'Ingénieur.
Journal administratif.
Journal des mines.
Journal L'Invention, par MM. Gardissal et Desnos.
Mémoires de la Société d'agriculture de l'Aube.
Portefeuille John Cockerill.
Portefeuille économique des Machines, par M. Oppermann.
Portefeuille de l'ingénieur des chemins de fer, par MM. Perdonnet et Polonceau.
Revue d'architecture, par M. César Daly.
Revue universelle des mines et de la métallurgie.
Revue municipale.
Revue périodique de la Société des ingénieurs autrichiens.
The Engineer (Journal).

STATISTIQUE ET LÉGISLATION.

Administration de la France, ou Essai sur les abus de la centralisation, par M. Béchard.
Almanach et Annuaire des bâtiments (1842).
Brevets d'invention (Observations sur le nouveau projet de loi), par M. Normand.
Brevets d'invention, dessins et marques de fabrique (Etudes sur les lois actuelles), par M. Damourette.
Brevets d'invention en France et à l'étranger (Note sur les), par M. Emile Barrault.
Brevets d'invention et les marques de fabrique (Précis des législations françaises et étrangères sur les), par MM. Gardissal et Desnos.
Bulletin n° 3 (septembre 1852), statistique des chemins de fer.

Colonies agricoles (Etudes sur les). Mendiants, jeunes détenus, orphelins et enfants trouvés (Hollande, Suisse, Belgique et France), par MM. de Lurieu et Romand.

Comptes rendus des opérations des chemins de fer de l'Etat belge pendant les années 1840, 1842 et 1844 à 1857.

Consultation sur le projet de loi de police de roulage.

Crédit foncier et agricole dans les divers états de l'Europe, par M. Josseau.

Crédit foncier en Allemagne et en Belgique, par M. Royer.

Communications postales entre la France et l'Angleterre.

Caisse de retraite et de secours pour les ouvriers (chemins de fer belges).

Compte rendu des travaux du Comité de l'Union des constructeurs.

Documents sur le commerce extérieur (douanes) (incomplets).

Documents statistiques sur les chemins de fer, par M. le comte Dubois.

Douanes. Tableau général des mouvements du cabotage en 1847, et du commerce de la France avec ses colonies et les puissances étrangères.

Essai sur la réforme de l'éducation et de l'instruction publiques, par M. Gardissal.

Exposition de Londres de 1851. Compte rendu, par E. Lorentz.

Mesures anglaises en mesures françaises, par M. L. Tronquoy.

Organisation de l'industrie. Projet de Société des papeteries en France, par MM. Ch. Callon et Laurens.

Organisation pour l'Ecole polytechnique et pour les ponts et chaussées, par M. Vallée.

Organons de la propriété intellectuelle, par M. Jobard.

Observations sur l'organisation de l'administration des travaux publics, par la Société des ingénieurs civils.

Observations sur le recrutement du corps des ponts et chaussées, par la Société des ingénieurs civils.

Procès-verbaux des conseils généraux de l'agriculture et du commerce.

Projet de loi sur la police du roulage, par M. Bineau.

Projet de loi sur les brevets.

Patent Office (Rapport 1854).

Rapport du jury central sur les produits de l'industrie française.

Rapport sur les patentes des Etats-Unis, par le major Poussin.

Rapport sur une loi organique de l'enseignement.

Statistique de la France, par M. le ministre du commerce.

Statistique des chemins de fer de l'Allemagne, par M. Hauchecorne.

Tarif du canal du Rhône au Rhin, par M. Petiet.

Transports et correspondances entre la France et l'Angleterre, par M. Petiet.

TABLE DES MATIÈRES

Pages

Appareil dit *perforateur* ou *excavateur* pour percer les tunnels dans la roche (Séance du 15 octobre). 296

Appareil de chauffage de M. Fondet, par M. Nozo (Séance du 9 avril). 106

Application de la machine à vapeur portative locomobile (Séance du 19 février) 45

Application des chaudières tubulaires aux machines fixes, par M. Faure (Séance des 5 mars et 7 mai). . . . . 47 et 117

Application de la télégraghie à l'exploitation des chemins de fer, par M. Martin (Séance du 5 février). 44

Application d'une locomobile à la manœuvre d'un pont roulant de chemin de fer, par M. Geoffroy (Séance du 16 juillet). . . . 204

Application d'une locomobile pour manœuvrer les grandes plaques tournantes de 11 à 12 mètres de diamètre et laver les chaudières de locomotives, par M. Schivre (Séance du 20 août). 212

Application des presses hydrauliques à la fabrication du fer et aux travaux de forge et de chaudronnerie en général, par M. Benoit Duportail (Séance du 19 novembre). 309

Câble transatlantique, par M. de Branville (Séances des 7 mai et 17 septembre) . . . . . 115 et 219

Charbons exportés de Cardiff (pays de Galles), par M. Gajewski (Séance du 23 avril) . . . . . 114 et 227

Changements de voies à contre-rails mobiles, par M. Poiret (Séances des 23 avril et 15 octobre). . . . . 110 et 293

Construction des ponts en arc, par M. Bertot (Séance du 5 novembre) 298

Compte rendu de l'ouvrage de M. Emile With (Traité de la construction des chemins de fer, par M. Emile Barrault) (Séance du 3 décembre). 312

Pages

Compte rendu par M. Alcan de l'ouvrage de M. le général Poncelet, intitulé : « Rapport fait au jury international de l'Exposition universelle de Londres en 1851 sur les machines-outils employées dans « les manufactures (matières textiles). » (Séance du 3 décembre). 313 et 317

Emploi de la vapeur d'eau pour arrêter les incendies, par M. Bellier (Séance du 7 mai). 115

Emploi d'un laitier de haut-fourneau, par M. Laurens (Séance du 9 avril) 108

Elections des membres du Bureau et du Comité (Séance du 17 décembre) 315

Essais au frein dynamométrique de deux machines locomobiles de neuf chevaux, construites chez M. Calla, par M. Nozo (Séance du 17 septembre) 216

Etudes des principales variétés des houilles consommées sur le marché de Paris et du nord de la France, et Etude sur la tourbe, par M. Ch. Richoux (Séance du 20 août). 209

Etudes sur les changements de voies, par M. Ch. Richoux . . . 127

Examen des principes qui doivent servir à l'établissement des chemins de fer (Séance du 7 mai). 118

Explosion d'une machine locomotive, par M. J. Gaudry (Séance du 19 novembre). 305

Explosion d'une chaudière à vapeur, par M. Ferdinand Mathias. . 94

Fabrication des rails, par M. Desbrière (Séance du 17 septembre). 220

Fonçage d'un puits de mine dans le bassin houiller du Centre, application du procédé Triger (Séance du 19 mars). 55

Freins des chemins de fer (Séance du 17 septembre). 215

Immersion et rupture du câble qui doit relier Terre-Neuve à l'Irlande, par M. de Branville (Séance du 5 mars). 53

Installation des membres du Bureau et du Comité (Séance du 8 janvier) 25

Installation des calorifères ventilateurs dans les grands édifices publics, par M. J. Gaudry (Séance du 19 mars) . . . . 56 et 81

Largeur de la voie des chemins de fer algériens (Séance du 16 juillet) 204

Liste générale des sociétaires. 7

Locomotive du chemin de fer Bavarois, de Sarrebruck à Manheim, par M. Jules Gaudry 263

Machine rotative, par M. Desnos (Séance du 23 avril). . . . 111

Machine à affûter les scies, par M. Desnos (Séance du 18 juin). 125

Pages

Machine fixe de quarante-cinq chevaux destinée à élever l'eau de la Loire pour l'alimentation de la ville d'Angers, par M. Nozo (Séance du 20 août) 206

Manipulateur-enregistreur de M. Aillaud, par M. de Branville (Séance du 5 mars) 54

Matériel roulant pour chemin de fer à petits rayons, par M. Edmond Roy (Séance du 5 mars). 50

Note sur les travaux professionnels de M. Paillette, par M. Flachat (Séance du 9 avril). 105

Nouveau système de voie établie sur longrines creuses en fer, par M. Barroux (Séance des 15 octobre et 19 novembre). . 294 et 304

Percement de l'isthme de Suez, par M. Alexis Barrault (Séance du 1er octobre). 277

Pile électrique à un seul liquide, du système Grenet, par M. Emile Barrault (Séance du 16 juillet) 197

Pose des câbles sous-marins, par M. de Branville (Séance du 22 janvier) 38

Préparation des bois au sulfate de cuivre par le vide et la pression, par M. Ch. Richoux (Séance du 16 juillet) 199

Procédé employé pour diviser certains métaux au moyen de la force centrifuge, par M. Baudouin (Séance du 5 novembre) . . . 297

Rapport de M. Douglas-Galton sur les chemins de fer des Etats-Unis d'Amérique. Traduit par M. Molinos. 59

Rapport de la Commission d'enquête sur les moyens d'assurer la régularité et la sécurité de l'exploitation sur les chemins de fer, par M. Flachat (Séance du 4 juin) 122

Résistance des rails, par M. Mirecki (Séance du 9 avril) . . . 109

Réservoirs d'eau à fond sphérique en tôle du chemin de fer du Midi, par M. Ch. Richoux 362

Résumé du premier trimestre 1

Résumé du deuxième trimestre 99

Résumé du troisième trimestre 191

Résumé du quatrième trimestre 271

Situation financière de la Société (Séances des 18 juin et 17 décembre). . . . . 125 et 314

Soupapes en caoutchouc vulcanisé de M. Perreaux, par M. Pronnier (Séance du 5 mars). 52

Substitution de la houille au coke dans l'alimentation des locomotives, par M. Chobrzynski. 55

Table des matières. 383

NOTE BIBLIOGRAPHIQUE

EXTRAITE DU

COURRIER DE LA LIBRAIRIE

(4e TRIMESTRE 1858)

AGRICULTURE, DRAINAGE ET GÉOLOGIE.

Agriculture. Du phosphate de chaux, et de son utilité dans la végétation, par M. de Molon, propriétaire-agriculteur; in-8, IV—10 pages.

Du guano du Pérou et de son emploi. Instruction pratique donnée par A. Mosneron-Dupin, négociant au Havre; in-8, 16 p.

Instruments agricoles, machines, appareils et outils employés en agriculture; description, choix, emploi, manœuvre, conditions où ils conviennent, avantages qu'ils présentent; par L.-A. Londet, de l'ancien Institut agronomique de Versailles, etc. Première partie; in-8, 333 p. et 54 pl. 7 fr. 50.

Géologie appliquée. Traité du gisement et de l'exploitation des minéraux utiles, par M. Amédée Burat, ingénieur. Première partie, Géologie pratique; in-8, 550 p., 28 pl., 1 carte et plan dans le texte.

CHEMINS DE FER.

Mémoire sur un nouveau système de wagons et sur la composition des trains, par MM. Saint-Loup et Lambert, ingénieur civil; in-8, 40 p. et un plan.

CHIMIE ET PHYSIQUE.

Mémoire sur la production de l'engrais atmosphérique et la désinfection des habitations, égouts, rivières, cours d'eau, etc.; par M. Stanislas Chodzko, professeur de chimie; in-8, 16 p.

Traité de chimie technique appliquée aux arts et à l'industrie, à la pharmacie et à l'agriculture; par M. G. Barruel, ex-préparateur à la Faculté des sciences de Paris. Tome IV, consacré aux méthodes pour obtenir industriellement les métaux usuels en général; à la fabrication de l'acier, du damas, des bronzes; à l'extraction de l'arsenic; à la fabrication de l'azur, etc.; in-8, 474 p. 7 fr. L'ouvrage aura 6 vol.

Silicatisation, ou application des silicates alcalins solubles au durcissement des pierres poreuses, des ciments et des plâtrages, à la peinture, à l'impression, aux apprêts, etc.; par M. Kuhlmann, professeur de chimie à Lille; in-8, 157 p.

Traité de l'éclairage au gaz tiré de la houille, des bitumes, des lignites, de la tourbe, des huiles, etc; par M. Pelouze père. Fabrication du coke et du charbon de tourbe; in-8, 102 p. et 4 pl. 4 fr.

Recherches sur les causes chimiques de la destruction des composés hydrauliques par l'eau de mer, et sur les moyens d'apprécier leur résistance à cette action, par M. Vicat, inspecteur des ponts et chaussées en retraite; in-4, 106 p.

CONSTRUCTION ET TRAVAUX PUBLICS.

Les eaux à bon marché. Les eaux de la Seine à Saint-Cloud, amenées directement au château impérial par une conduite partant des réservoirs de la machine de Marly, par Armengaud aîné, ingénieur à Paris; in-8, 11 p.

Percement de l'isthme de Panama par le canal de Nicaragua. Exposé de la question, par M. Félix Billy; in-8, 178 p. et 2 pl.

Assainissement de Paris. Solutions pour les vidanges, les cabinets, les égouts, etc., comparées avec celles que propose la Commission nommée par S. Exc. le Ministre de l'intérieur, par M. L. A. Beaudemoulin, ingénieur en chef des ponts et chaussées en retraite; in-8, 22 p.

ENSEIGNEMENT.

Dictionnaire du constructeur, ou Vade-mecum des architectes, propriétaires, entrepreneurs de maçonnerie, charpente, serrurerie, couverture, etc., renfermant les termes d'architecture civile et hydraulique, l'analyse des lois de voirie, des bâtiments et de dessèchement; par L. T. Pernet, architecte-vérificateur des travaux publics; in-12, 370 p. 3 fr. 50.

Tracé des chemins de fer, routes et canaux; solutions théoriques et pratiques de toutes les opérations du tracé; par Siméon Tourette, géomètre; in-8, 223 p. 29 pl.

MÉCANIQUE.

Élévation et distribution des eaux pour le service public ou privé des villes, des communes, des chemins de fer et des particuliers, travaux de recherches, d'élévation et de distribution des eaux, d'irrigation, etc.; par H. Hubert, ingénieur; in-8, 16 p.

Notice sur une nouvelle machine atmosphérique dite *machine pneumatique*

élévatoire, par M. Plazanet, ancien lieutenant-colonel du génie ; in-4, 12 p. 1 pl.

L'ouvrier mécanicien. Guide de mécanique pratique, précédé des Notions élémentaires d'arithmétique décimale, d'algèbre et de géométrie, utiles à l'intelligence et à la solution des diverses applications qui y ont rapport, avec tables et calculs ; par Ch. Armengaud jeune, ingénieur civil ; in-12, 348 p., 4 pl. 4 fr.

Du mouvement des eaux sur les continents ; les étiages et les cours d'eau diminuent sans cesse, les lits et les hautes eaux s'élèvent de plus en plus, causes de la continuité de ce triple mouvement. Moyens pratiques de le développer en sens inverse, par M. V. Fabre ; in-8, 39 p.

Essai sur l'emploi des fers à double T dans la construction des planchers, basé sur les recherches et les expériences mentionnées dans l'ouvrage de M. Morin sur la résistance des matériaux, comprenant l'établissement des coefficients E pour diverses qualités de fer et fonte, notamment ceux des fers n° 2, 3 et 4, par M. P. E. Rouvenat ; in-8, 128 p. 3 fr. 50.

Etude des appareils de chauffage et de ventilation établis à l'hôpital Necker ; par C. Grassi, pharmacien en chef de l'Hôtel-Dieu ; in-8, 30 p.

Des chaudières à vapeur et de l'importante nécessité de leur perfectionnement pour l'avenir des chemins de fer, de l'industrie et de la marine ; par L. Durand, ingénieur civil ; in-4, 27 p.

MINES ET MÉTALLURGIE.

Coup d'œil rétrospectif sur les mines d'Espagne, et considérations générales sur leur avenir ; par M. A. Veillerot, directeur de *la Péninsulaire*, en Espagne ; in-4, 15 p.

Notes sur l'emploi de charbon de bois dans les usines métallurgiques du Berri, par M. Louis Crombez ; in-8, 23 p. (Extrait du compte rendu de la Société du Berri.)

Nouveau cours de minéralogie, comprenant la description de toutes les espèces minérales, avec leurs applications directes aux arts, par M. Delafosse, de l'Académie des sciences, professeur de minéralogie au Muséum d'histoire naturelle, in-8, 550 p., et atlas (1re et 2e livraisons) de 20 pl. et 60 p. d'explications.

Nouveau Manuel complet du maître de forges, ou Traité théorique et pratique de l'art de travailler le fer, la fonte et l'acier ; par M. H. Landrin, ingénieur civil des mines ; 2 vol. in-18, 652 p., 7 pl., 6 fr.

STATISTIQUE ET LÉGISLATION.

Législation appliquée des établissements industriels, notamment des usines hydrauliques ou à vapeur, des manufactures, fabriques, ateliers dangereux, incommodes et insalubres ; moulins, hauts-fourneaux, établissements métallurgiques, mines, minières, carrières, etc. Traité complet,

d'après le dernier état des lois, de la doctrine et de la jurisprudence, des règles à observer pour la création, l'exploitation, la location, la vente, l'abandon ou la suppression des établissements appartenant à l'industrie; par Auguste Bourguignat, ancien avocat au Conseil d'Etat et à la Cour de cassation. Tome Ier, in-8, 474 p. L'ouvrage complet, 2 vol., 15 fr.

Description des machines et procédés pour lesquels des brevets d'invention ont été pris sous le régime de la loi du 15 juillet 1844, publiée par les ordres de M. le Ministre de l'agriculture, du commerce et des travaux publics; in-4, 394 p. 2 col., planches.

De l'Expropriation et des dommages causés à la propriété. Traité pratique à l'usage des entrepreneurs de travaux publics et de tous les particuliers menacés ou atteints dans leur propriété, à raison de travaux autorisés; par Gabriel Dufour, avocat au Conseil d'Etat et à la Cour de cassation, ancien membre de l'Assemblée nationale; in-8, VI—564 p. 7 fr.

Marques de fabrique et noms commerciaux. Guide pratique du fabricant, du négociant et du commerçant, pour la protection de leurs produits au moyen du dépôt des marques de fabrique; étude de la loi sur les noms et de la protection légale accordée aux secrets de fabrique; par M. Emile Barrault, ingénieur civil; in-12, 164 p. 2 fr.

TÉLÉGRAPHIE.

Le Télégraphe atlantique; Edgard-Eugène Martel, employé de l'administration des lignes télégraphiques; in-16, 15 p. 30 c.